

# Trabajo Fin de Máster

## *EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE RIEGO A PRESIÓN DEL SECTOR-IV DEL CANAL JÚCAR-TURIA.*

### **Intensificación:**

*ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS*

### **Autor:**

*GUSTAVO CASQUERO SOLER*

### **Director:**

*DR. MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ BELLO*

### **Codirector/es:**

*DR. FERNANDO MARTÍNEZ ALZAMORA*

**SEPTIEMBRE, 2016**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

mihma  
máster en ingeniería  
hidráulica y medio ambiente

## Resumen del Trabajo de Fin de Máster

### Datos del proyecto

Título: EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE RIEGO A PRESIÓN DEL SECTOR-IV DEL CANAL JÚCAR-TURIA.

Alumno: Gustavo Casquero Soler

Director: Dr. Miguel Ángel Jiménez Bello.

Codirector: Dr. Fernando Martínez Alzamora.

### Resumen

La gestión eficiente de los recursos agua y energía en el ámbito agrario tiene cada vez más importancia. Más todavía en el caso de sistemas de riego a presión que, siendo más eficientes en el uso del agua, tienen unos requerimientos energéticos significativamente más elevados.

En el presente trabajo se realiza una evaluación y propuestas de mejora de la gestión energética de la red de distribución de riego a presión del Sector-IV del Canal Júcar-Turía a partir del diseño su modelo hidráulico elaborado mediante EPANET v2.0.

La red del Sector-IV está compuesta por 3 tomas en el canal Júcar-Turía, 6 estaciones de bombeo, 14 cabezales de riego localizado y 10 balsas de acumulación de las que se emplean 6 en el funcionamiento regular de la red, reservando el uso del resto de ellas para el almacenamiento de agua de los pozos, cuya operación se condiciona únicamente a las épocas de escasez hídrica.

Los cabezales de riego de la red del Sector-IV se clasifican en dos grupos en función del modo en que organizan el riego: los que operan a la demanda y los que su operación se organiza por turnos o sectores. En el primer caso el usuario decide el tiempo y la frecuencia de riego, por lo que la operación de la instalación queda determinada por los requerimientos de caudal y presión que los regantes están demandando en cada momento. En la organización de riego por turnos, las condiciones del suministro en los hidrantes están determinados previamente, lo que

permite una búsqueda de los escenarios de menor consumo de energía.

La realización del modelo hidráulico de la red de distribución se apoya en la recopilación de los datos de los elementos que componen la red y su posterior caracterización y validación, con el respaldo de las herramientas de información geográfica por medio del programa ARC GIS 10.2.1.

Tras la calibración del modelo, se analiza el funcionamiento de la red de distribución y se proponen una serie de medidas para la mejora de la gestión energética de la misma, que comprenden un uso más eficiente de las instalaciones de bombeo de los cabezales de riego, la propuesta de una modificación en la programación horaria de riego más acorde a las tarifas de los periodos de facturación eléctrica y, por último, diferentes cambios en las potencias contratadas basados en la operación de la red.

## Resum

La gestió eficient dels recursos aigua i energia dins de l'àmbit agrari té cada vegada més importància. Més encara en el cas de sistemes de reg a pressió que, sent més eficients en la gestió de l'aigua, tenen uns requeriments energètics significativament més elevats.

Aquest treball presenta una avaluació de la gestió energètica de la xarxa de distribució de reg a pressió del Sector-IV del Canal Xúquer-Túria a partir del disseny del seu model hidràulic elaborat mitjançant EPANET v2.0.

La xarxa del Sector-IV està composta per 3 tomes al canal Xúquer-Túria, 6 estacions de bombament, 14 capçaleres de reg localitzat i 10 basses d'acumulació de les que s'utilitzen 6 en el funcionament regular de la xarxa, reservant la resta per a l'emmagatzematge d'aigua dels pous, l'operació dels quals es condiciona únicament a les èpoques reduïda disponibilitat hídrica.

Les capçaleres de reg de la xarxa del Sector-IV es classifiquen en dos grups en funció de la manera en que organitzen el reg: els que operen a la demanda i els que la seva operació s'organitza per sectors. En el primer cas l'usuari decideix el temps i la freqüència de reg, de manera que l'operació de la instal·lació queda determinada pels requeriments de cabal i pressió que els regants estan demandant en cada moment. En l'organització de reg per sectors, les condicions del subministrament en els hidrants estan determinats prèviament, el que permet una recerca dels escenaris de menor consum d'energia.

La realització del model hidràulic de la xarxa de distribució es recolza en la recopilació de les dades dels elements que componen la xarxa i la seva posterior caracterització, amb el suport de les eines d'informació geogràfica per mitjà del programa ARC GIS 10.2.1.

Després de la calibració del model, s'avalua el funcionament de la xarxa i es proposen una sèrie de mesures per a la millora de la seua gestió energètica, considerant un ús més eficient d'elements de la infraestructura com ara les

instal·lacions de bombament i plantejant una modificació en la programació de reg  
més d'acord a les tarifes dels períodes de facturació elèctrica.

## Summary

The efficient management of water and energy resources in the agricultural field has become increasingly important. Even more in the case of pressurized irrigation systems which, being more efficient in water use, have significantly higher energy requirements.

In this paper is performed an evaluation of the operation of the irrigation pressurized network of Sector-IV Júcar-Turía canal, based on the design of its hydraulic model developed through EPANET v2.0.

Network Sector-IV is composed of 3 water supply installations in the Júcar-Turía canal, 6 pumping stations, 14 irrigation heads and 10 accumulation rafts of those 6 are used on the regular operation of the network, reserving the rest for storing water from wells, whose operation is limited only to times of water shortage.

Irrigation heads Sector-IV network are classified into two groups depending on how they organize irrigation: the ones that operate on demand and the ones that operate by sectors. In the first case the user decides the time and frequency of use, so the operation of the installation is determined by the flow and pressure requirements that irrigators are demanding. In the operation by sectors, supply conditions in the hydrants are predetermined, allowing exploring scenarios with lower power consumption.

The development of the hydraulic model of the distribution network is based on the data collection of the elements that make up the network and further characterization, with the support of geographic information tools through ARC GIS program 10.2.1.

After calibration of the model, network performance is evaluated and several measures are proposed to improve energy management of the system, considering a more efficient use of elements such as pumping facilities and proposing a change in irrigation scheduling more in line with the rates of electricity billing periods.

Palabras clave: eficiencia, energía, modelo hidráulico, Canal Júcar-Turía, riego.

Paraules clau: eficiència, energia, model hidràulic, Canal Xúquer-Túria, reg.

Keywords: efficiency, energy, hydraulic model, Jucar-Turía Canal, irrigation.

## Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Estructura del documento.....	4
2	CASO DE ESTUDIO .....	6
2.1	Descripción general .....	6
2.2	Descripción del funcionamiento de la red .....	9
2.3	Tarifas eléctricas contratadas.....	14
2.4	Organización del riego .....	16
2.5	Climatología.....	17
2.6	Suministro desde el canal Júcar-Turia .....	18
3	METODOLOGÍA .....	23
3.1	Elaboración del modelo hidráulico.....	23
3.1.1	Tuberías.....	25
3.1.2	Balsas.....	25
3.1.3	Estaciones de Bombeo .....	27
3.2	Estimación de las necesidades de riego .....	28
3.3	Obtención de la demanda mensual y diaria en los puntos de consumo .....	29
3.3.1	Organización del riego.....	31
3.3.2	Determinación de las presiones de consigna en los cabezales de riego .....	35
3.4	Generación de escenarios .....	37
4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	39
4.1	Validación del modelo .....	39
4.1.1	Estación de bombeo Pla de L'Aljup .....	42
4.1.2	Estación de Bombeo de La Serra.....	42
4.1.3	Estación de Bombeo Clot de L'Hedra .....	43
4.1.4	Cabecal de riego Pi Elevación .....	44



4.1.5	Cabezal de riego Caseta Carrillo .....	45
4.1.6	Cabezal La Serra .....	45
4.1.7	Cabezal L'Almud .....	46
4.2	Resultados y análisis de los escenarios de mejora .....	47
4.2.1	Cabezal Pi Elevación .....	47
4.2.2	Cabezal L'Almud .....	50
4.2.3	Cabezal La Serra .....	52
4.2.4	Ahorro energético global de las medida propuestas .....	53
4.3	Propuestas sobre las potencias contratadas .....	54
4.3.1	Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup .....	54
4.3.2	Estación de Bombeo de La Serra .....	56
4.3.3	Estación de Bombeo Clot de L'Hedra .....	57
5	CONCLUSIONES .....	59
5.1	Propuesta de optimización de los turnos de riego .....	59
5.2	Propuesta de cambio presiones de consigna .....	60
5.3	Propuesta de modificación de las potencias contratadas .....	61
6	REFERENCIAS .....	62
7	ANEXO I. DEMANDAS MENSUALES Y DIARIAS DE LOS CABEZALES DE RIEGO .....	64
7.1	Demandas en Cabezales Zona Cotino, Subsector Sur. ....	64
7.2	Demandas en cabezales ramal Creueta, Subsector Centro. ....	70
7.3	Demandas en cabezales Subsector Norte, Sagrada Familia .....	71
7.4	Demandas mensuales segregadas por estaciones de bombeo .....	72
8	ANEXO II. DATOS DE PARTIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED PARA LA CONFECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO .....	73
8.1	Demandas y patrones de consumo de los cabezales de riego .....	73
8.2	Características de las estaciones de bombeo .....	79

8.3	Características de los cabezales de riego .....	81
9	ANEXO III. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN. INDICADORES ENERGÉTICOS .....	83
9.1	Escenario situación inicial.....	83
9.1.1	Enero 2011 .....	83
9.1.2	Abril 2011 .....	84
9.1.3	Agosto 2011.....	85
9.1.4	Octubre 2011.....	86
9.2	Escenario situación con mejoras en la gestión energética implementadas .....	87
9.2.1	Enero 2011 .....	87
9.2.2	Abril 2011 .....	88
9.2.3	Agosto 2011.....	89
9.2.4	Octubre 2011.....	90
10	ANEXO IV. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS MÁS DESFAVORABLES DE LAS SUBREDES DE RIEGO .....	91
10.1	Subred L'Almud .....	91
10.2	Subred La Serra.....	92
10.3	Subredes Pi del Rosari .....	93
11	ANEXO V. CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO .....	94
11.1	Resumen necesidades de riego. Segregación Anual .....	94
11.1.1	Año 2011. ....	94
11.1.2	Año 2010 .....	95
11.1.3	Año 2012 .....	96
11.2	Resumen necesidades de riego. Segregación mensual serie 2010-2012.....	97

## *Índice de Tablas*

TABLA 1. DATOS FACTURACIÓN ELÉCTRICA SONDEOS EJERCICIO 2009. SECTOR IV	8
TABLA 2. TARIFA 3.1 A. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE PERIODOS EN PUNTA, LLANO Y VALLE	14
TABLA 3. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE PERIODOS, TARIFA 6.1 A.	15
TABLA 4. DATOS LOCALIZACIÓN ESTACIÓN AGROCLIMÁTICA DE PICASSENT	17
TABLA 5. DATOS PRECIPITACIÓN Y ETO SECTOR IV PICASSENT.	17
TABLA 6. PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS ZONA NORTE SECTOR IV JÚCAR-TURIA	26
TABLA 7. PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS ZONA SUR SECTOR IV CANAL JÚCAR-TURIA	27
TABLA 8. RESUMEN NECESIDADES DE RIEGO POR PLANTA EN SECTOR IV (MM). PICASSENT, AÑO 2011.	28
TABLA 9. ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE REGABLE MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE LOS VOLÚMENES REGISTRADOS FRENTE A LAS NECESIDADES TEÓRICAS REALES.	30
TABLA 10. PLANIFICACIÓN DE RIEGO SECTOR IV PARA CADA ÉPOCA DEL AÑO.	31
TABLA 11. RELACIÓN DE LOS CABEZALES QUE FUNCIONAN A DEMANDA Y CARACTERÍSTICAS DE SUS INSTALACIONES	33
TABLA 12. RELACIÓN DE LOS CABEZALES QUE FUNCIONAN POR SECTORES (AUTOMATIZ.) Y CARACTERÍSTICAS DE SUS INSTALACIONES	33
TABLA 13. PRESIONES NECESARIAS CALCULADAS Y COMPARACIÓN CON PRESIONES DE CONSIGNA IMPLEMENTADAS. CABEZALES CON GRUPOS DE BOMBEO	36
TABLA 14. RESUMEN RESULTADOS ENERGÍA SIMULACIÓN ESCENARIO SITUACIÓN INICIAL. AGOSTO AÑO 2011	39
TABLA 15. RESULTADOS CEVTT PARA EL ESCENARIO DE LA SITUACIÓN INICIAL COMPARADOS CON LOS VALORES DE FUNCIONAMIENTO REAL. SUBSECTOR SUR, SECTOR IV. AGOSTO 2011.	40
TABLA 16. DATOS RELATIVOS A POTENCIAS REGISTRADAS Y HORARIOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN DE LA EST. DE BOMBEO PLA DE L'ALJUP. ESCENARIO DE LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	42
TABLA 17. POTENCIAS REGISTRADAS Y HORARIOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN DE LA EST. DE BOMBEO LA SERRA. ESCENARIO DE LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	43
TABLA 18. VOLÚMENES MENSUALES BOMBEADOS EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO LA SERRA EN LOS DIFERENTES PERIODOS SIMULADOS. ESCENARIO DE LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	43
TABLA 19. VOLÚMENES MENSUALES ESTACIÓN DE BOMBEO CLOT DE L'HEDRA. AÑO 2011	43
TABLA 20. DATOS RELATIVOS A POTENCIAS REGISTRADAS Y HORARIOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN DE LA EST. DE BOMBEO CLOT DE L'HEDRA. SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	44
TABLA 21. DATOS RELATIVOS A POTENCIAS REGISTRADAS Y HORARIOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN EN CABEZAL PI ELEVACIÓN. AÑO 2011. SITUACIÓN INICIAL.	44
TABLA 22. INDICADORES ENERGÉTICOS DE LOS RESULTADOS SIMULACIÓN EN EL CABEZAL CARRILLO. ESCENARIO SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	45
TABLA 23. INDICADORES ENERGÉTICOS DE LOS RESULTADOS SIMULACIÓN EN EL CABEZAL LA SERRA. ESCENARIO SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	45

TABLA 24. INDICADORES ENERGÉTICOS DE LOS RESULTADOS SIMULACIÓN EN EL CABEZAL L'ALMUD. ESCENARIO SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011.	46
TABLA 25. RESUMEN RESULTADOS ENERGÍA SIMULACIÓN ESCENARIO SITUACIÓN MEJORADA. SUBSECTOR SUR, SECTOR IV. AGOSTO 2011	47
TABLA 26. POTENCIAS REGISTRADAS Y HORARIOS DE LA SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN MEJORADA PARA CABEZAL PI ELEVACIÓN. AÑO 2011	49
TABLA 27. ENERGÍA CONSUMIDA POR M3 EN CABEZAL PI ELEVACIÓN. COMPARACIÓN PARA LA SITUACIÓN MEJORADA Y LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011	49
TABLA 28. AHORRO ENERGÉTICO MENSUAL EN EL CABEZAL PI ELEVACIÓN, PARA LOS PERIODOS DE LA SIMULACIÓN. SITUACIÓN MEJORADA. AÑO 2011	50
TABLA 29. INDICADORES ENERGÉTICOS DE LOS RESULTADOS SIMULACIÓN CABEZAL L'ALMUD. SITUACIÓN MEJORADA. AÑO 2011.	50
TABLA 30. ENERGÍA CONSUMIDA POR M3 EN CABEZAL L'ALMUD. COMPARACIÓN PARA LA SITUACIÓN MEJORADA Y LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011.	51
TABLA 31. AHORRO ENERGÉTICO MENSUAL EN EL CABEZAL L'ALMUD, PARA LOS PERIODOS DE LA SIMULACIÓN. SITUACIÓN MEJORADA. AÑO 2011	51
TABLA 32. INDICADORES ENERGÉTICOS DE LOS RESULTADOS SIMULACIÓN LA SERRA. SITUACIÓN MEJORADA. AÑO 2011.	52
TABLA 33. ENERGÍA CONSUMIDA POR M3 EN CABEZAL LA SERRA. COMPARACIÓN PARA LA SITUACIÓN MEJORADA Y LA SITUACIÓN INICIAL. AÑO 2011.	52
TABLA 34. AHORRO ENERGÉTICO MENSUAL EN EL CABEZAL LA SERRA, PARA LOS PERIODOS DE LA SIMULACIÓN. SITUACIÓN MEJORADA. AÑO 2011	53
TABLA 35. POTENCIAS MÁXIMAS REGISTRADAS EN LOS PERIODOS DE SIMULACIÓN CORRESPONDIENTES AL ESCENARIO DE LA SITUACIÓN INICIAL. ESTACIÓN DE BOMBEO PLA DE L'ALJUP. AÑO 2011.	54
TABLA 36. POTENCIAS CONTRATADAS PARA LA INSTALACIÓN DE LA EST. BOMBEO PLA DE L'ALJUP, Y POTENCIAS PROPUESTAS. AÑO 2011	54
TABLA 37. POTENCIAS CONTRATADAS PARA LA INSTALACIÓN DE LA EST. BOMBEO LA SERRA, Y POTENCIAS PROPUESTAS.	56
TABLA 38. POTENCIAS CONTRATADAS ESTACIÓN DE BOMBEO CLOT DE L'HEDRA Y POZO DE EXTRACCIÓN. AÑO 2011	58
TABLA 39. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. MORREDONDO I Y II.	64
TABLA 40. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. MORREDONDO III Y LA SERRA.	65
TABLA 41. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. L'ALMUD Y COTINO.	66
TABLA 42. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. MOMBERRI Y PROGRESO.	67
TABLA 43. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. PI ELEVACIÓN Y PI GRAVEDAD	68
TABLA 44. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. CABEZAL CARRILLO	69
TABLA 45. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. CABEZAL AIGÚA SALÀ.	70

TABLA 46. DEMANDA MENSUAL Y DIARIA EN CABEZALES AÑO 2011. CABEZALES SAG. FAMILIA Y SAN RAFAEL (SUBSECTOR NORTE)	71
TABLA 47. DEMANDAS MENSUALES EN LOS RAMALES ASOCIADOS A LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SECTOR IV SUBSECTOR SUR	72
TABLA 48. CARACTERÍSTICAS ESTACIÓN DE BOMBEO PLA DE L'ALJUP	79
TABLA 49. CARACTERÍSTICAS ESTACIÓN DE BOMBEO PLA DE LA SERRA	79
TABLA 50. CARACTERÍSTICAS ESTACIÓN DE BOMBEO CLOT DE L'HEDRA	80
TABLA 51. CARACTERÍSTICAS ESTACIÓN DE BOMBEO LA CREUETA	80
TABLA 52. CARACTERÍSTICAS ESTACIÓN DE BOMBEO SAGRADA FAMILIA	81
TABLA 53. CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN CABEZAL LA SERRA. SUBSECTOR SUR, SECTOR IV	81
TABLA 54. CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN CABEZAL LÁLMUD. SUBSECTOR SUR, SECTOR IV	81
TABLA 55. CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN CABEZAL PI ELEVACIÓN. SUBSECTOR SUR, SECTOR IV	82
TABLA 56. CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN CABEZAL CASETA CARRILLO. SUBSECTOR SUR, SECTOR IV	82
TABLA 57. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN INICIAL. ENERO	83
TABLA 58. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN INICIAL. ABRIL	84
TABLA 59. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN INICIAL. AGOSTO	85
TABLA 60. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN INICIAL. OCTUBRE	86
TABLA 61. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN MEJORADA. ENERO	87
TABLA 62. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN MEJORADA. ABRIL	88
TABLA 63. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN MEJORADA. AGOSTO	89
TABLA 64. RESULTADOS INDICADORES ENERGÉTICOS. SITUACIÓN MEJORADA. OCTUBRE	90
TABLA 65. NECESIDADES DE RIEGO. AÑO 2011	94
TABLA 66. NECESIDADES DE RIEGO. AÑO 2010	95
TABLA 67. NECESIDADES DE RIEGO. AÑO 2012	96
TABLA 68. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. ENERO.	97
TABLA 69. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. FEBRERO.	97
TABLA 70. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. MARZO	98
TABLA 71. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. ABRIL	98
TABLA 72. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. MAYO	99
TABLA 73. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. JUNIO	99
TABLA 74. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. JULIO	100
TABLA 75. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. AGOSTO	100
TABLA 76. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. SEPTIEMBRE	101
TABLA 77. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. OCTUBRE	101
TABLA 78. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. NOVIEMBRE	102
TABLA 79. RESUMEN CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO Y VALOR MEDIO. AÑOS 2010-2012. DICIEMBRE	102

## Índice de Figuras

FIGURA 1. TRAZADO RED SECTOR IV Y SUBREDES DE RIEGO.....	6
FIGURA 2. CONSUMO ENERGÉTICO ESPECÍFICO PARA LAS CAMPAÑAS 2009, 2010 Y 2011 EN LA RED SECTOR IV. .....	7
FIGURA 3. ESQUEMA RED SECTOR IV - SUBSECTOR SUR .....	10
FIGURA 4. ESQUEMA RED SECTOR IV- SUBSECTORES CENTRO Y NORTE .....	12
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE LA MEDIA MENSUAL DE LOS DATOS CLIMÁTICOS DURANTE EL PERIODO 2010- 2012. PICASSENT .....	18
FIGURA 6. VOLÚMENES EXTRAÍDOS CANAL JÚCAR-TURIA EN EST. BOMBEO PLA DE L'ALJUP. ENERO 2011.....	19
FIGURA 7. VOLÚMENES EXTRAÍDOS CANAL JÚCAR-TURIA EN EST. BOMBEO PLA DE L'ALJUP. ABRIL 2011.....	20
FIGURA 8. VOLÚMENES EXTRAÍDOS CANAL JÚCAR-TURIA EN EST. BOMBEO PLA DE L'ALJUP. AGOSTO 2011 ....	21
FIGURA 9. VOLÚMENES EXTRAÍDOS CANAL JÚCAR-TURIA EN EST. BOMBEO PLA DE L'ALJUP. OCTUBRE 2011 ..	22
FIGURA 10. TRAZADO RED SECTOR IV (SUBZONA SUR) CON INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA (MDT). SUBSECTOR SUR .....	23
FIGURA 11. TRAZADO RED SECTOR IV CON INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA (MDT). SUBSECTOR NORTE .....	24
FIGURA 12. ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DE LA RED SUBSECTOR SUR, SECTOR IV. EPANET V2.0.....	25
FIGURA 13. DETERMINACIÓN DE PUNTOS DESFAVORABLES EN LAS SUBREDES DE RIEGO. SUBRED CASETA CARRILLO. SECTOR IV – SUBSECTOR SUR. ....	35
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HORARIA DEL CABEZAL PI ELEVACIÓN EN LOS PERIODOS TARIFARIOS. ESCENARIO SITUACIÓN INICIAL. AGOSTO 2011. ....	48
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HORARIA DEL CABEZAL PI ELEVACIÓN EN LOS PERIODOS TARIFARIOS. ESCENARIO SITUACIÓN MEJORADA. AGOSTO 2011. ....	48
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL CARRILLO (RAMAL BOMBEO). AGOSTO 2011.....	73
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL CARRILLO (RAMAL GRAVEDAD). AGOSTO 2011 .....	73
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL PI ELEVACIÓN. AGOSTO 2011 .....	74
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL PI GRAVEDAD. AGOSTO 2011 .....	74
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL L'ALMUD. AGOSTO 2011 .....	75
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL LA SERRA. AGOSTO 2011 .....	75
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL PROGRESO. AGOSTO 2011.....	76
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL MOMBERRI. AGOSTO 2011.....	76
FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL COTINO. AGOSTO 2011.....	77
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL MORREDONDO I. AGOSTO 2011.....	77
FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL MORREDONDO II. AGOSTO 2011.....	78
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES EN CABEZAL MORREDONDO III. AGOSTO 2011.....	78
FIGURA 28. DETERMINACIÓN DE PUNTOS DESFAVORABLES EN LAS SUBREDES DE RIEGO. SUBRED L'ALMUD. SECTOR IV – SUBSECTOR SUR.....	91

FIGURA 29. DETERMINACIÓN DE PUNTOS DESFAVORABLES EN LAS SUBREDES DE RIEGO. SUBRED LA SERRA.

SECTOR IV – SUBSECTOR SUR..... 92

FIGURA 30. DETERMINACIÓN DE PUNTOS DESFAVORABLES EN LAS SUBREDES DE RIEGO. SUBREDES PI DEL

ROSARI. SECTOR IV – SUBSECTOR SUR..... 93

## 1 INTRODUCCIÓN

El clima semiárido de la mayoría de las zonas agrícolas en el área mediterránea conlleva que el agua sea un factor limitante de la producción, por lo que es necesaria una distribución más eficiente y un fomento de un uso sostenible del recurso. (Rodríguez-Díaz et al., 2004).

Tratando de mejorar la eficiencia en el uso del agua, los procesos de modernización de los sistemas de riego han sido una práctica común en los últimos años. Las infraestructuras hidráulicas se han mejorado y los antiguos canales de distribución de redes abiertas han sido sustituidos por las nuevas redes de presión (Plusquellec, 2009).

Estos cambios mejoran la eficiencia en el uso del agua pero continúan siendo ineficientes en el uso de la energía, lo que implica un notable aumento en el consumo energético de estas infraestructuras (Jackson et al., 2010; Corominas, 2010), llegando a convertirse esta partida en el principal coste del agua. Este contexto supone una amenaza a la productividad del regadío. Problemática a la que se le añade el reducido precio de comercialización de los productos agrarios y el continuo incremento de las tarifas eléctricas.

Este aumento notable en el consumo de energía debido a la modernización de las redes de riego deriva en el nuevo desafío para el sector del agua centrado en el uso sostenible de los recursos hídricos conjuntamente con el uso óptimo de los energéticos. Este hecho toma más relevancia en el escenario actual de cambio climático, en el que es importante minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero ocasionado por el aumento de los requerimientos energéticos.

El consumo de energía de los sistemas de distribución de riego a presión está fuertemente determinado por un buen planteamiento en diseño y una óptima operación de sus instalaciones. En el primer grupo de acciones, referido al proceso de diseño de los sistemas de riego a presión, es importante la consideración de criterios económicos al proyectar un trazado adecuado de la red y un dimensionamiento conveniente de las tuberías (Labbe et al.; Lansey and Mays, 1989; Planells et al., 2007; Theocharis et al., 2006).



Las necesidades de agua de las plantas varían a lo largo del año, ligadas a los diferentes periodos estacionales. Estos cambios influyen en las presiones y caudales a suministrar en los grupos de bombeos de la red, especialmente en los sistemas que operan a la demanda (Lamaddalena and Sagardoy, 2000). Por este motivo, la selección del grupo de bombeo adecuado y su operación mediante variadores de frecuencia (VSD) son un factor clave para garantizar un uso eficiente de la energía en el suministro del agua.

Abadia, R. et al., (2008), aportan una metodología para la auditoría de la eficiencia energética global de los sistemas de distribución de riego, incluyendo la eficiencia energética de bombeo, la cual depende de la eficiencia de las estaciones de bombeo y de la eficiencia del suministro de energía, función a su vez de la distribución espacial y el diseño del sistema.

Las redes de riego a presión pueden operar de dos formas: bajo demanda, u organizadas bajo sectores de operación o turnos. En el primer caso, la red de riego lleva el agua con el caudal y la presión requerida por los sistemas de riego agrícola, y con el tiempo de duración y la frecuencia decidida por el agricultor (los usuarios deciden cuándo y cuánto riegan), por lo que la estación de bombeo tiene que cumplir con el caudal y presión en cabezal requerida por los regantes que están demandando agua en cada momento (Moreno et al., 2007<sup>b</sup>, Lamaddalena y Sargadoy, 2000) y, al mismo tiempo, proporcionar una presión suficiente en la estación de bombeo para asegurar la mínima presión en el hidrante más desfavorable.

Algunos autores, han estudiado técnicas para evaluar y disminuir el coste energético de redes de riego a presión funcionando bajo demanda. Moreno et al., (2007<sup>a</sup>) desarrollaron un modelo para el análisis de la eficiencia energética en las estaciones de bombeo y se determinó la secuencia de activación de la bomba. Los mismos autores (Moreno et al., 2009) también proponen una herramienta de apoyo a la decisión de obtener las características teóricas y las curvas de eficiencia de las bombas, el número de bombas, y el número de controles de velocidad de frecuencia que minimiza el costo total de una estación de bombeo con requisitos específicos. Planells et al., (2005) desarrollaron una herramienta de apoyo para el dimensionamiento y la regulación de las estaciones de bombeo.

Las redes se diseñan con el fin de garantizar una presión mínima en el hidrante más desfavorable. Esto implica, en los sistemas que funcionan a demanda, que cuando el agua se suministra a otros hidrantes, estos reciben una presión excesiva (Rodríguez et al., 2009).

Esto se puede reducir por medio de un limitador de caudal y válvulas reductoras de presión situadas en la boca de riego. Lamaddalena y Khila (2013) estudiaron el uso de variadores de frecuencia (VSP) en sistemas a presión que operan a la demanda, obteniendo unos resultados de una mayor eficiencia energética con el establecimiento de una relación entre la consigna de operación de la bomba con la curva resistente del sistema a partir de una regulación de la operación de las estaciones de bombeo en base a una eficiencia máxima.

Cuando la red se organiza por turnos, el caudal y presión en los hidrantes para cada momento está determinado previamente, y esto permite buscar los escenarios relacionados con un menor consumo de energía. Estos sectores de operación se forman, en una primera aproximación, mediante la organización de los hidrantes de acuerdo a su cota, medida desde la elevación de la estación de bombeo.

Como se ha indicado, desde el punto de vista operacional, cuando el usuario tiene restringida a un periodo dado la explotación del sistema, la altura de presión suministrada por el sistema puede ser reducida, así como el consumo energético del mismo. Rodríguez et al. (2009) estudió los ahorros potenciales de un caso de estudio simulando el cambio de operación del mismo desde el funcionamiento a la demanda al funcionamiento por turnos o sectores. La red se dividió en dos sectores de acuerdo a criterios basados en la homogeneidad de sus cotas, y el funcionamiento de cada uno de los hidrantes de los dos sectores operaba libremente en su periodo asignado. Las conclusiones señalaban unos ahorros energéticos del orden del 27%.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) propone varias medidas para optimizar la energía consumida, incluyendo la sectorización de la red de acuerdo a sectores homogéneos de demanda energética y organización de regantes en turnos de riego (IDAE, 2008).

Lischer (1979), plantea que el diseño óptimo de nuevos sistemas, así como la mejora de los ya existentes, no puede ser concebido únicamente como una combinación de ejercicios matemáticos, sino que además debían ser tenidos en cuenta los criterios de los expertos, así como las recomendaciones de las Asociaciones Profesionales dedicadas al tema, a la hora de definir los términos en los que van a operar los modelos para, posteriormente, procesarlos con la asistencia de técnicas computacionales.

En los apartados siguientes y tras la evaluación del uso de la energía del sistema de estudio se realizan propuestas de mejora en términos energéticos basadas en el análisis de los diferentes elementos de la red de riego y apoyadas por un estudio del comportamiento de la red, mediante su modelización en EPANET v2.0.

## **1.1 Estructura del documento**

El presente trabajo, después de plantear el estado del arte del ámbito al que se refiere, presenta en el segundo capítulo el caso de estudio que se aborda: la red de distribución de riego a presión del Sector IV del canal Júcar-Turía. Esta sección contextualiza el estudio, y en ella se señalan las características de la red y de su funcionamiento. Posteriormente se indica la información relativa a las tarifas eléctricas que rigen las instalaciones de la red, junto con su distribución horaria en los diferentes periodos; y se presenta también una caracterización de la organización y los métodos de riego que se emplean en la red, seguido de la información climatológica de la zona de estudio. Por último se indica el modo en que se opera para la captación de agua desde el canal Júcar-Turía.

En el tercer capítulo se aborda la metodología llevada a cabo en el presente estudio. Inicialmente se desarrolla el modo en que se ha efectuado la elaboración del modelo hidráulico de la red de distribución, desglosando este apartado para la descripción de cada uno de los elementos que componen el sistema. A continuación se presentan y se justifican los resultados de los cálculos para la obtención de las necesidades de riego de los cultivos, la obtención de la demanda mensual y diaria en los cabezales de la red, y se señalan las presiones de consigna con que operan los cabezales contrastándolas con las que se obtienen a partir del cálculo de las mismas a partir de los datos recopilados. Esta información es acompañada de los datos relativos a la caracterización de los horarios de riego con que se opera en la red, y se cierra el capítulo con la definición de los escenarios que se han generado para la evaluación de la red.

El cuarto capítulo, presenta la validación del modelo hidráulico para el periodo simulado, seguido de la exposición y análisis de los resultados de las simulaciones de los diferentes escenarios simulados. Posteriormente se presentan los resultados de la simulación de los escenarios en que se implementan las medidas de mejora de la gestión energética de la red. Esta información se complementa con los valores de ahorro energético asociados a dichas

medidas. El capítulo cuarto se cierra con una serie de propuestas de mejora sobre las potencias contratadas. Y, por último, en el quinto capítulo, que abordan las conclusiones de los resultados analizados en el capítulo anterior.



## 2 CASO DE ESTUDIO

### 2.1 Descripción general

El presente trabajo está realizado a partir del estudio de la red de distribución para riego del Sector-IV de la Subzona Margen Izquierda del Canal Júcar-Turia. Este sistema de distribución tiene asociada una superficie regable de 3.050 Hectáreas, de las cuales 1960 son regadas por las infraestructuras del Canal (el 60,8% de la superficie regable). La red de distribución del sector IV se extiende dentro de los términos municipales de Montserrat, Torrent y, en su mayor parte, Picassent. Cuenta con más de 2.000 socios.

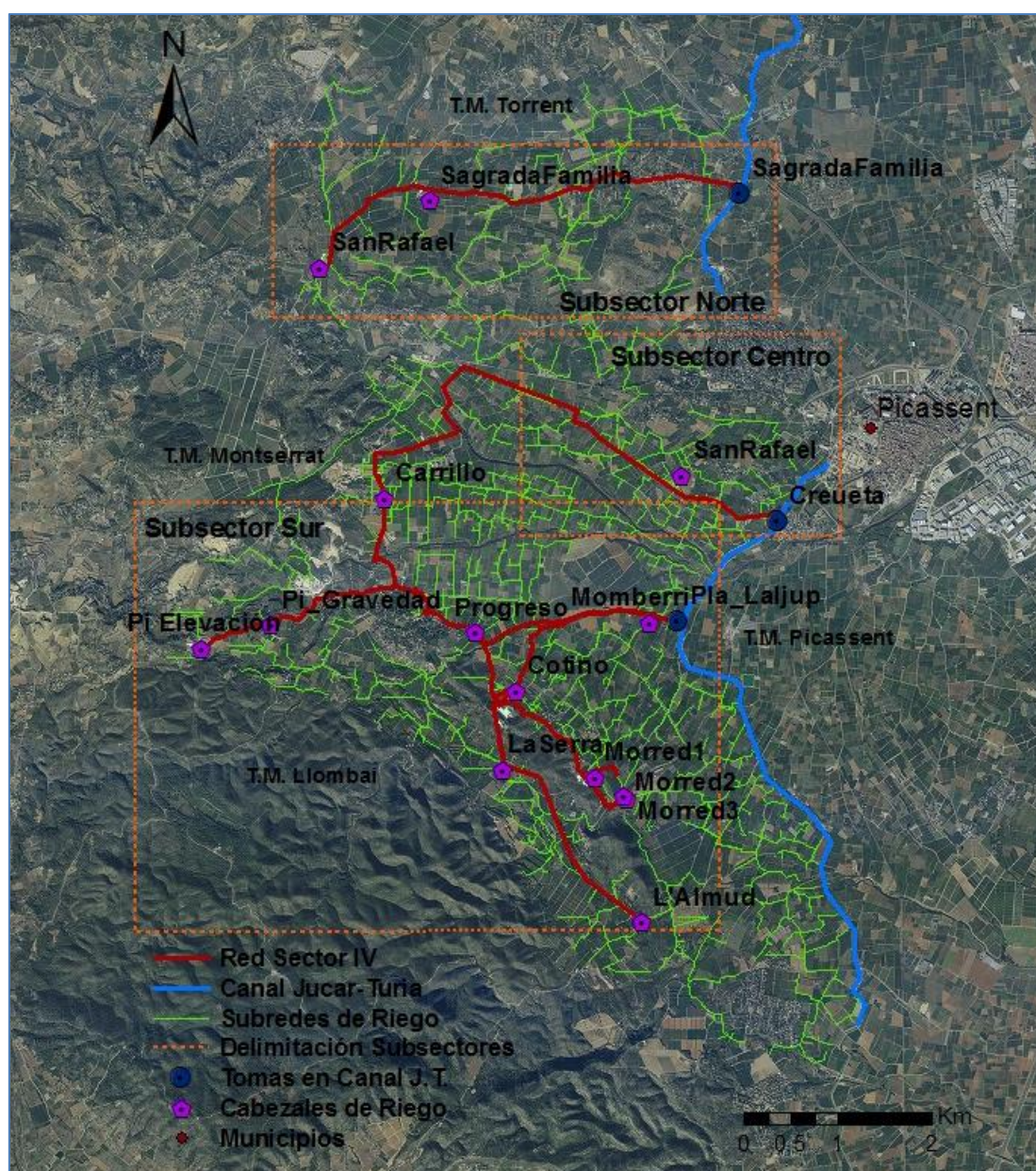


Figura 1. Trazado Red Sector IV y subredes de riego.

La infraestructura de la red dispone de una captación de origen mixto. El suministro se basa esencialmente en un aporte de agua superficial, proveniente del canal Júcar-Turía, y de un complemento de aguas subterráneas, procedentes de los antiguos sondeos anteriores a la puesta en servicio del Canal, que se aprovechan en época de escasez. Como se indica en la Figura 1, su zona regable se divide en tres áreas independientes de explotación: Centro, Norte y Sur. Las licitaciones de las obras correspondientes a estas subzonas se dieron en 1999 y 2006, respectivamente.

Durante periodos con disponibilidad del recurso, la totalidad de las necesidades pueden satisfacerse con aguas superficiales, que presentan menor coste. En épocas de escasez hídrica el suministro se realiza combinado con los sondeos, lo que implica un incremento de costo sustancial. En la Figura 2 se indican los datos de consumo energético específico, CEVT ( $\text{kW h/m}^3$ ), para los años 2009, 2010 y 2011 en la red completa del Sector IV. Se aprecia que la campaña 2009 tiene asociado un valor más alto para este indicador, siendo este año el único de los señalados en que se llevaron a cabo actividades de explotación de los sondeos.

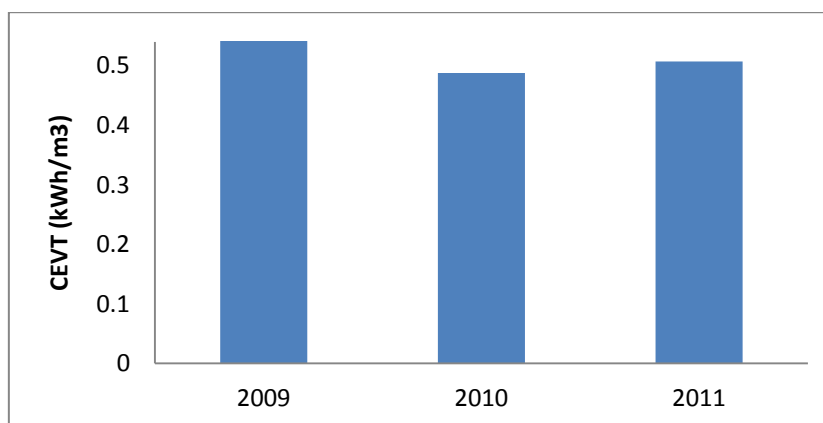


Figura 2. Consumo energético específico para las campañas 2009, 2010 y 2011 en la red Sector IV.

En la Tabla 1. Datos de la facturación eléctrica sondeos ejercicio 2009. Sector IV se enumeran las instalaciones que componen las infraestructuras de los sondeos que operaron en la red para el año 2009, y se cuantifica el incremento energético que supone su actividad de explotación para la misma campaña.

Instalación	Total Energía Activa (kW h)
Pozo Purísima y Morr 2 y 3	90.087
Pozo Sant Isidre	5.281
Pozo Milagrosa	313.011
Pozo Sant Blai	90.491
Pozo de la Serra	738.986
Pozo de Sant Martí	60.698
E. Bombeo Vallivana	31.666
<b>Total</b>	<b>1.330.220</b>

Tabla 1. Datos de la facturación eléctrica sondeos ejercicio 2009. Sector IV

Las líneas de delimitación del Sector quedan definidas por la línea de separación del término municipal de Torrent al Norte, al sur la divisoria con el término municipal de Benifayo, al Este el propio Canal Júcar-Turia.

La topografía de la red presenta desniveles acusados, teniendo sus cotas más bajas desde los 65 msnm, en las zonas más próximas al entorno del propio canal, llegando hasta los 220 msnm en la parte más occidental de la red. El sistema se tiene una extensión 6.2 km en dirección este-oeste y 8.3 km en dirección norte-sur.

Los cítricos constituyen el cultivo predominante en el Sector IV, ocupando alrededor del 80% de la superficie del uso agrario. El 15% restante se divide entre caqui, frutales y hortalizas.

El sistema de infraestructuras del sector IV es de gran complejidad. El índice de dependencia energética (IDE) de la comunidad de regantes, que mide el porcentaje total de agua del sistema que es bombeada, tiene un valor del 100%. Y únicamente la partida de electricidad del presupuesto ordinario de gastos supone el 29.92% del coste de explotación anual de 2011, resultando un importe de 373850.30 €.

A continuación se enumeran las instalaciones que componen la red del Sector IV Margen Izquierda:

- 3 Tomas de agua en el Canal Júcar-Turia: Tomas de Pla de L'Aljub, Creueta y Sagrada Familia.
- 6 Estaciones de Bombeo: Pla de L'Aljub, Creueta, Sagrada Familia, La Serra, Clot de L'Hedra y Vallivana.
- 10 Balsas de acumulación/regulación: Balsas de Milagrosa, Purísima, Cotino, La Serra, Progreso, Caseta Carrillo, Pi del Rosari, Creueta, Sagrada Familia y San Rafael.
- 14 Cabezales de riego localizado: Morredondo I, Morredondo II, Morredondo III, L'Almud, La Serra, Cotino/San Blai, Progreso, Momberri, Pi Elevación, Pi Gravedad, Caseta Carrillo, Creueta, Sagrada Familia y San Rafael.
- 15 Sondeos de agua subterránea: Purísima, Milagrosa, La Serra, L'Almud, CGUCJT, Cor de Jesus, El Progreso, Santa Rita, Sant Martí, Sant Miguel, Clot de L'Hedra, Verge del Carmen, Sant Rafael, La Pedrera, L'Esperanza y Verge Remei.
- 2 Centros de control

## **2.2 Descripción del funcionamiento de la red**

La red del Sector IV está formada por tres sistemas independientes, a los que denominaremos subsectores Sur, Centro y Norte. En la Figura 3 se presenta el esquema de funcionamiento del subsector Sur. Se trata del subsistema que mayor superficie abarca, el que con mayor volumen trabaja y el que mayor complejidad presenta debido al número de instalaciones que lo componen y el esquema con el que éstas interactúan.



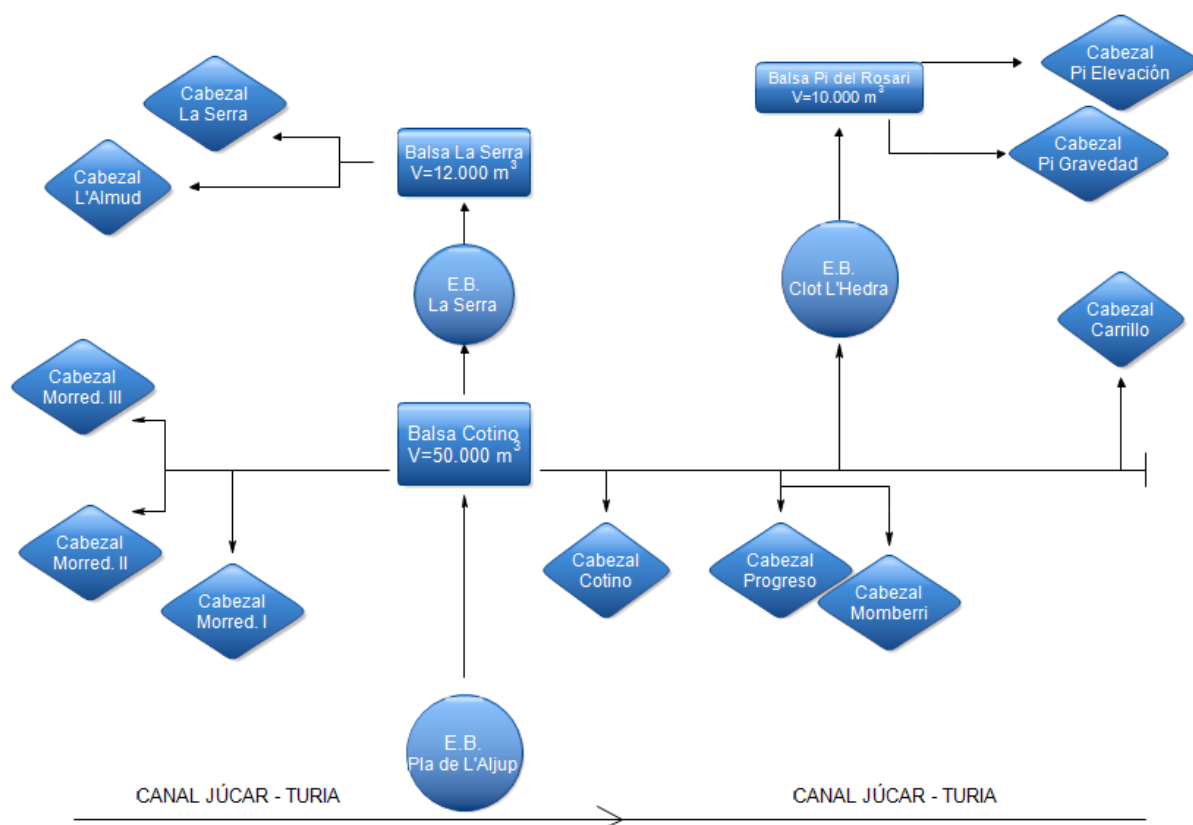


Figura 3. Esquema Red Sector IV - subsector Sur

Como se puede apreciar en la Figura 3, el elemento central de la red del Sector IV es la Balsa de Cotino ( $50.000 \text{ m}^3$ ), situada en el subsector Sur. Este depósito es alimentado a través de la conducción Impulsión de Cotino, que parte del Canal Júcar-Turía en la Estación de Bombeo de la Toma de Pla de L'Aljup, 2.500 m aguas arriba y superando un desnivel de 72 m.

En el depósito Cotino, como punto central en el subsector Sur del Sector IV, se distribuye el agua a las diferentes regiones de la zona Sur:

- Cabezales de La Serra y L'Almud.

Por un lado, el agua es re-bombada desde Cotino para transportarla a la cota 175m del depósito de La Serra ( $12.000 \text{ m}^3$ ), que abastece los cabezales de La Serra y de L'Almud, siendo este último el punto situado más al sur de la red.

- Cabezales Morredondo 1, 2 y 3.

También en dirección norte-sur, se abastece desde el depósito Cotino a los Cabezales Morredondo 1, Morredondo 2 y Morredondo 3. Éstos están situados próximos a las Balsas Milagrosa y Purísima que actualmente no están integradas de manera regular en el sistema hidráulico del Sector IV, estando su operación destinada al almacenamiento del agua de los pozos.

- Tramo Cotino-La Llum.

Desde el Depósito Cotino, hacia el norte, se dirige la conducción Cotino-La Llum de la que parten las conducciones que abastecen el Cabezal Cotino primero, después al cabezal Progreso y la balsa con el mismo nombre, estando el uso de ésta reservado únicamente para el almacenamiento del agua de los pozos; y, por último, al cabezal y la Balsa Caseta Carrillo (estando el uso de esta última también limitado al almacenamiento del agua extraída de los pozos). Aguas abajo de este punto, la conducción está en desuso. Se diseñó inicialmente atendiendo a la previsión de que hubiera continuación hacia el Sector La Llum, hacia el norte. Pero no se llevó a cabo su ejecución.

- Pi del Rosari.

En un punto de la conducción Cotino-La Llum tiene lugar una derivación en dirección este-oeste hacia la Balsa Pi del Rosari (10.000 m<sup>3</sup>) que abastece los cabezales Pi Elevación y Pi Gravedad. En esta conducción está localizado el re-bombeo Clot de L'Hedra para aumentar la presión en la conducción, al ser uno de los tramos que alcanza mayor cota de la red.

Continuando con la descripción del funcionamiento de la subzona Sur del Sector IV, se encuentra más al norte la conducción Creueta (Subzona Centro). Cabe destacar la independencia de este tramo respecto al depósito Cotino, que nace también en el Canal Júcar-Turía, en la Estación de Bombeo Creueta y está formado por dos tuberías de D500mm que superan un desnivel de 40 m en una distancia de 1220m, para abastecer a la Balsa Creueta y a su correspondiente cabezal que riega las redes de Agua Salá, Canya de Guaita y Creueta (o Devadillo).

En lo referente al subsector Norte, cabe señalar que se trata de un tramo independiente de los anteriores. Este subsistema independiente tiene como punto de partida la Toma Sagrada

Familia en el Canal Júcar-Turia, y más de 4.000 metros de tuberías que impulsan el agua a las Balsas de Sagrada Familia primero ( $15.000 \text{ m}^3$ ) y San Rafael aguas abajo ( $15.000 \text{ m}^3$ ), teniendo este último una cota de 165 m.

En la Figura 4 se representan los esquemas de los subsistemas Centro y Norte del Sector IV.

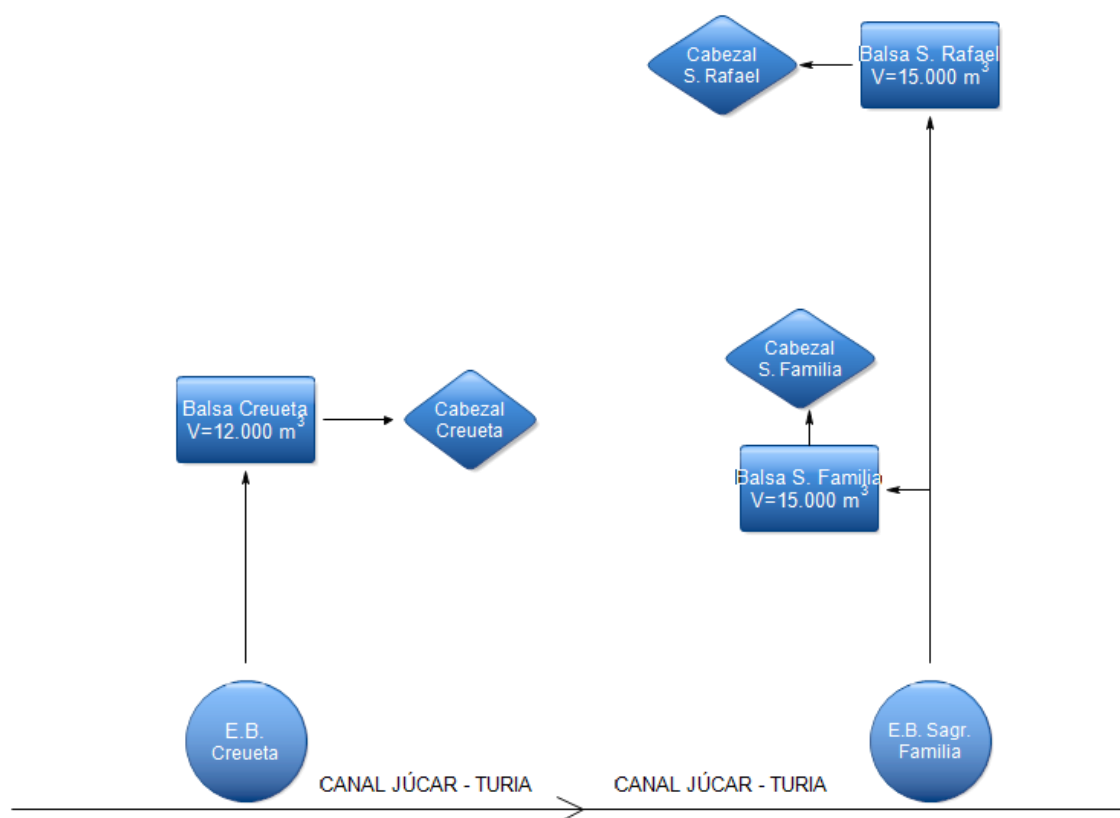


Figura 4. Esquema Red Sector IV- Subsectores Centro y Norte

Respecto a las balsas que quedan sin uso, es importante indicar que originalmente tenían, además de la función del almacenamiento del agua de los pozos, la función de regulación. Pero al no utilizarse habitualmente éstos e implantarse el riego por goteo se produjo el cambio que llevó a dejar de utilizar gran parte de las balsas en el funcionamiento normal de la red para aprovechar las presiones con las que circula el agua en esos tramos (que superan en muchos casos los 20 mca), lo que supone un ahorro en su posterior bombeo en cabezales.

A día de hoy son únicamente las balsas de Pi del Rosari, La Serra, Cotino, Creueta, Sagrada Familia y San Rafael las que están en funcionamiento. Y su función, lejos de ser la de

acumulación, es la de regulación. Es decir, tienen entre sus objetivos adecuar en el tiempo la disponibilidad del agua con su demanda (puesto que los horarios de disponibilidad de agua vienen impuestos por la Confederación Hidrológica del Júcar) y al mismo tiempo permitir que se realicen los bombeos en los horarios de tarifa energética más interesantes desde el punto de vista económico.

Los pozos repartidos a lo largo de la red significan un complemento en el suministro de la misma. El pozo de La Serra, conectado a la Balsa La Serra, funciona en épocas de sequía. También están conectados a la red, para uso en caso de necesidad, el Pozo de Milagrosa, el de L'Almud, el conjunto que forman los diferentes pozos de Vallivana, el de Clot de L'Hedra junto con el de San Miguel y el Pozo del Carmen, incorporándose estos tres últimos a la red en dirección a la Balsa Pi del Rosario con el apoyo del re-bombeo de Clot de L'Hedra.

## 2.3 Tarifas eléctricas contratadas

- Tarifa eléctrica 3.1A para las instalaciones con potencia contratada hasta 450 Kw.

Excepto la estación de bombeo de Pla de L'Aljup, el resto de las instalaciones que componen la red el Sector IV se rigen por la tarifa de acceso 3.1 A. Esta tarifa se divide en 3 periodos de facturación eléctrica: punta, llano y valle. En la Tabla 2. Tarifa 3.1 A. Distribución anual de periodos en punta, llano y valle se muestra la distribución horaria y estacional de los mismos.

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE PERIODOS EN PUNTA, LLANO Y VALLE													
Tarifa de Acceso 3.1 A													
ITC/3801/2008 de 26 de diciembre													
Horas	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVBRE	DICBRE	Horas
00 a 01													00 a 01
01 a 02													01 a 02
02 a 03													02 a 03
03 a 04													03 a 04
04 a 05													04 a 05
05 a 06													05 a 06
06 a 07													06 a 07
07 a 08													07 a 08
08 a 09													08 a 09
09 a 10													09 a 10
10 a 11													10 a 11
11 a 12													11 a 12
12 a 13													12 a 13
13 a 14													13 a 14
14 a 15													14 a 15
15 a 16													15 a 16
16 a 17													16 a 17
17 a 18													17 a 18
18 a 19													18 a 19
19 a 20													19 a 20
20 a 21													20 a 21
21 a 22													21 a 22
22 a 23													22 a 23
23 a 24													23 a 24

PUNTA LLANO VALLE

S.D.yF.

Sábados, Domingos y Festivos de ámbito nacional definidos en el calendario oficial.

Los cambios horarios de invierno a verano se producen el último fin de semana de marzo, coincidiendo con el cambio oficial.  
Los cambios horarios de verano a invierno se producen el último fin de semana de octubre, coincidiendo con el cambio oficial.

Tabla 2. Tarifa 3.1 A. Distribución anual de periodos en punta, llano y valle

- Tarifa 6.1 A para las instalaciones con potencia contratada desde 450 kW

En la Tabla 3. Distribución anual de periodos, tarifa 6.1 A. se muestra la distribución anual de la contratación de la tarifa ATR 6.1 para los contratos de acceso a tarifas generales de alta tensión con discriminación horaria de 6 periodos, que es la tarifa de acceso para Alta Tensión (A.T.) para instalaciones con una potencia instalada superior a

450 kW. La única instalación del Sector IV que se rige por esta tarifa es la Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup.

DISTRIBUCION ANUAL DE PERIODOS, TARIFA GENERAL DE ACCESO PARA A.T.														
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	1ª Q/JUNIO	2ª Q/JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
00 a 01	PERÍODO 6													00 a 01
01 a 02														01 a 02
02 a 03														02 a 03
03 a 04														03 a 04
04 a 05														04 a 05
05 a 06														05 a 06
06 a 07														06 a 07
07 a 08														07 a 08
08 a 09	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	08 a 09
09 a 10	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	09 a 10
10 a 11	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	10 a 11
11 a 12	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	11 a 12
12 a 13	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	12 a 13
13 a 14	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	13 a 14
14 a 15	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	14 a 15
15 a 16	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	15 a 16
16 a 17	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	16 a 17
17 a 18	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	17 a 18
18 a 19	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	18 a 19
19 a 20	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	19 a 20
20 a 21	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	20 a 21
21 a 22	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	21 a 22
22 a 23	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	22 a 23
23 a 24	PERÍODO 1	PERÍODO 3	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 4	PERÍODO 2	23 a 24
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	1ª Q/JUNIO	2ª Q/JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
PERÍODO 6 : ADEMÁS DE LAS HORAS SEÑALADAS, TODAS LAS HORAS DE FINES DE SEMANA Y FESTIVOS. Se considerarán a estos efectos como días festivos los de ámbito nacional definidos como tales en el calendario oficial del año correspondiente, con exclusión de los festivos sustituibles, así como de los que no tienen fecha fija (Semana Santa).														

Tabla 3. Distribución anual de periodos, tarifa 6.1 A.

En la Tabla 3 se indica con diferentes colores los distintos periodos. El periodo 1 lleva asociado las tarifas más caras, y se concentra en el periodo de tiempo diurno por norma general.

En colores claros se representan los periodos 3 y 6 respectivamente siendo estos los correspondientes a las tarifas más económicas concentradas en la franja nocturna.

Para elegir correctamente las contrataciones que se aplicarán a las instalaciones se tendrán en cuenta las potencias máximas requeridas para el funcionamiento de la instalación puesto que estas serán el punto de partida para escoger los diferentes términos de potencias para los diferentes periodos, teniendo en cuenta las cláusulas de contratación de potencia.

## 2.4 Organización del riego

Actualmente el sector IV se encuentra totalmente reconvertido a riego localizado de alta frecuencia. Esta reconversión se ha realizado de manera escalonada y esto ha hecho posible la coexistencia de diferentes maneras de organizar el riego en la zona. Estos son:

- Zona de riego a la demanda sin automatización.

Esta zona se corresponde con la primera fase de implantación de riego localizado. Se han desarrollado las redes a partir de infraestructuras preexistentes empleadas en el riego a manta o mediante infraestructuras particulares para cada zona. En principio su diseño contemplaba un funcionamiento independiente de cada una de las subredes existentes en el sector IV.

En su fase inicial, estas redes no disponían de cabezal de riego comunitario y se diseñaron a la demanda, con tomas individuales en parcela. Además no se contaba con automatismos o elementos de control por parte de la Comunidad de Regantes.

Con el tiempo se han ido integrando estas redes en las infraestructuras de Interés General del Sector-IV mediante la conexión con depósitos comunitarios, construcción de cabezales comunitarios en la cabecera de las redes, etc.

- Zona de riego a turnos con automatización.

Tiene lugar en las áreas en las que se han realizado las últimas actuaciones de implantación de riego localizado en el Sector-IV a partir del Plan de Obras de Interés General del Sector IV Margen Izquierda del Canal Júcar-Turia T.M. de Picassent. El objetivo del plan es el de integrar las infraestructuras existentes y ejecutar las infraestructuras necesarias.

Las redes de riego parten de cabezales comunitarios dotados de filtrado y fertirrigación y el suministro a parcela se realiza mediante hidrantes multiusuario de hasta 8 tomas. Los hidrantes cuentan con apertura de toma y lectura de consumos desde las instalaciones de la Comunidad, lo que posibilita una gestión centralizada.



## 2.5 Climatología

La superficie de la zona regable del Sector IV se encuentra principalmente en el término municipal de Picassent. Para definir y evaluar las características climatológicas del área se han empleado los datos recogidos en la estación agroclimática de Picassent, dentro del propio Sector-IV y perteneciente a la red de estaciones del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, IVIA (<http://www.ivia.gva.es>). Sus datos de ubicación se presentan en la Tabla 4.

Estación	Situación				
	Latitud (N)	Longitud (E/W)	Altitud	X-UTM	Y-UTM
Picassent	39º 21' 44,95"	00º29'51,4"	90	715.588	4.959.990

Tabla 4. Datos localización estación agroclimática de Picassent

La precipitación anual sobre la zona regable del Sector-IV del Canal Júcar-Turia tiene una marcada estacionalidad en otoño y acusada irregularidad interanual. Además, como se indica en la Tabla 5, no son extrañas las fuertes precipitaciones diarias e incluso horarias.

Picassent		ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOVI.	DIC.	TOTAL
2010-2012	Total Prec.	47.74	54.39	80.19	42.82	31.19	12.73	4.69	5.33	64.50	46.97	71.00	10.82	472.39
	Eto	38.66	54.39	73.51	100.08	131.93	146.76	157.81	145.70	106.38	69.65	43.79	40.71	1109.37

Tabla 5. Datos precipitación y ETo Sector IV Picassent.

Se puede observar en el gráfico de la Figura 5 que las precipitaciones son más abundantes en los meses de bajas necesidades de los cultivos. Además, debido al carácter climatológico de la región, éstas se suelen acumular en un número muy reducido de días.



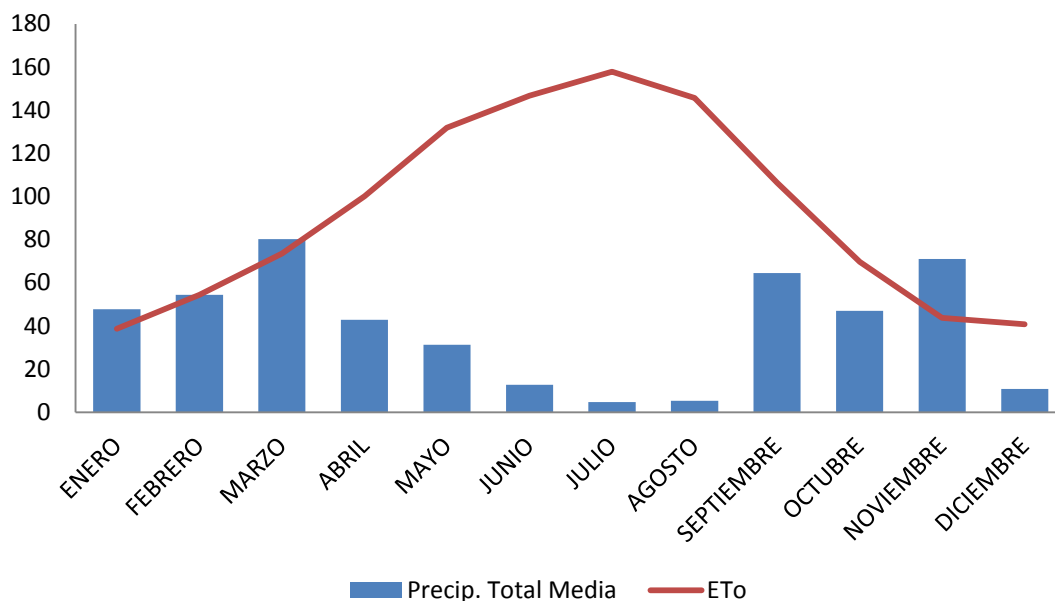


Figura 5. Distribución de la media mensual de los datos climáticos durante el periodo 2010-2012. Picassent

## 2.6 Suministro desde el canal Júcar-Turía

Se han consultado los registros de las tomas de agua del canal Júcar-Turía en la estación de bombeo de Pla de L'Aljup, Sector IV (Subzona Sur), para recopilar la información relativa a los volúmenes y los horarios para los periodos en que se efectúa la simulación. Estos periodos corresponden con los meses que mejor caracterizan el comportamiento anual de la red, siendo los meses de Enero, Abril, Agosto y Octubre de la campaña de 2011.

- Mes de Enero de 2011:

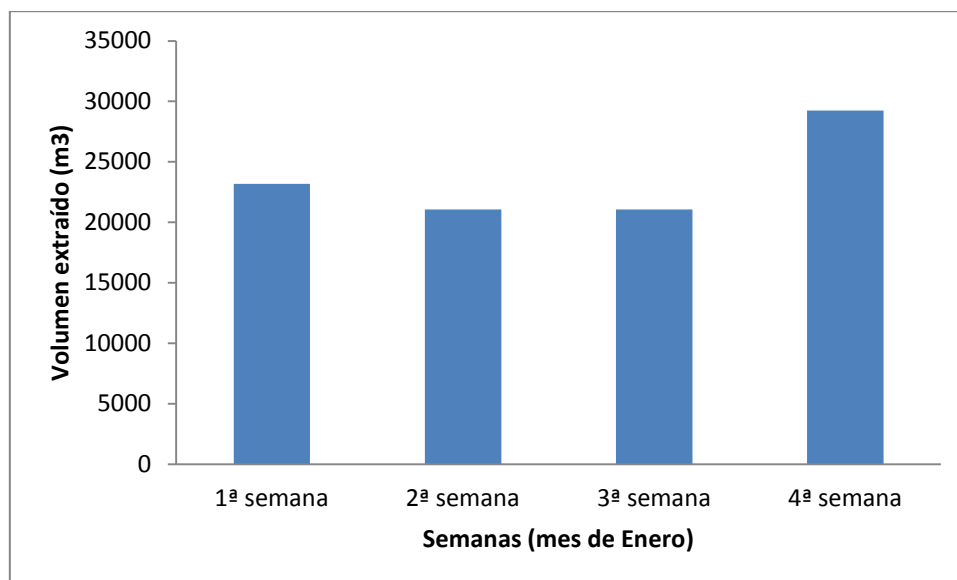


Figura 6. Volúmenes extraídos Canal Júcar-Turia en Est. Bombeo Pla de L'Aljup. Enero 2011

En la 1ª Semana del mes de Enero, correspondiente a los días 5 al 11, se toma agua todos los días de la semana, operando la estación de bombeo entre las 01h y las 04h. Como se indica en la Figura 6, el volumen de agua tomado es de 23184 m<sup>3</sup>.

En la 2ª Semana del mes, del 12 al 18 de Enero, se toma agua todos los días de la semana excepto el miércoles. El horario de operación de la estación de bombeo es entre las 01h y las 04h. El volumen de agua tomado es de 21060 m<sup>3</sup>.

En la 3ª Semana del mes, del 19 al 25 de Enero, se toma agua todos los días de la semana excepto el martes. El horario en que opera la estación de bombeo es entre las 01h y las 04h. El volumen de agua tomado es de 21060 m<sup>3</sup>.

En la 4ª Semana del mes, del 26 de Enero al 1 de Febrero, se toma agua todos los días de la semana excepto miércoles y jueves, operando la estación de bombeo entre las 01h y las 06h. El volumen de agua tomado es de 29250 m<sup>3</sup>.

- Mes de Abril de 2011:

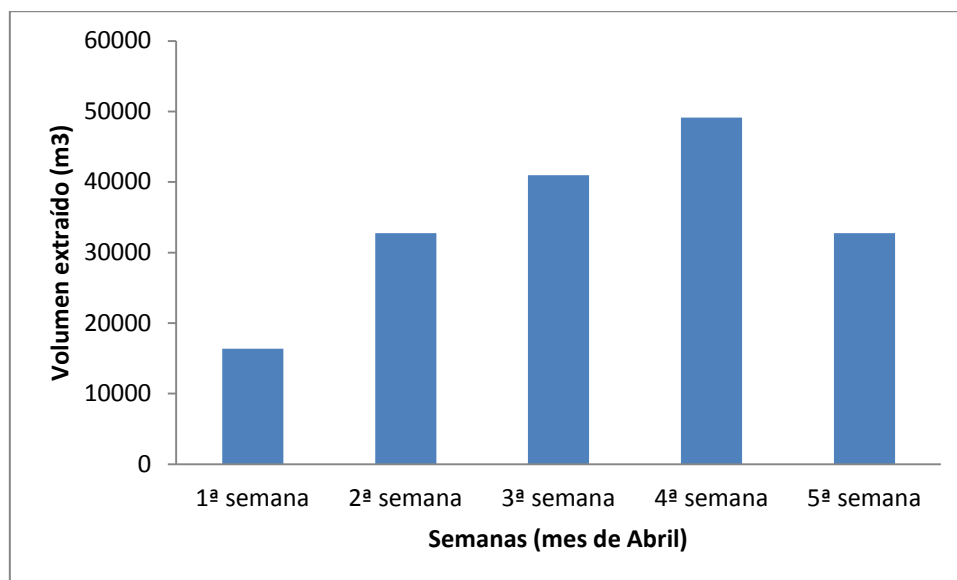


Figura 7. Volúmenes extraídos Canal Júcar-Turía en Est. Bombeo Pla de L'Aljup. Abril 2011

En la 1ª semana del mes, del 30 de Marzo al 5 de Abril, se toma agua todos los días de la semana, operando la estación de bombeo entre las 00h y las 02h. Como se indica en la Figura 7 el volumen de agua tomado es de 16380 m<sup>3</sup>.

En la 2ª semana del mes, de los días 6 al 12 de Abril, se toma agua todos los días de la semana, operando la estación de bombeo entre las 02h y las 06h. Como se indica en la Figura 7 el volumen de agua tomado es de 32760 m<sup>3</sup>.

En la 3ª semana del mes, del 13 al 19 de Abril, se toma agua todos los días de la semana, operando la estación de bombeo entre las 02h y las 07h. El volumen de agua tomado es de 40950 m<sup>3</sup>.

En la 4ª semana del mes, del 20 al 26 de Abril, se toma agua todos los días de la semana, operando la estación de bombeo entre las 01h y las 07h. El volumen de agua tomado es de 49140 m<sup>3</sup>.

En la 5ª semana del mes, del 27 de Abril al 3 de Mayo, se toma agua todos los días de la semana, operando la estación de bombeo entre las 02h y las 06h. El volumen de agua tomado es de 32760 m<sup>3</sup>.

- Mes de Agosto de 2011:

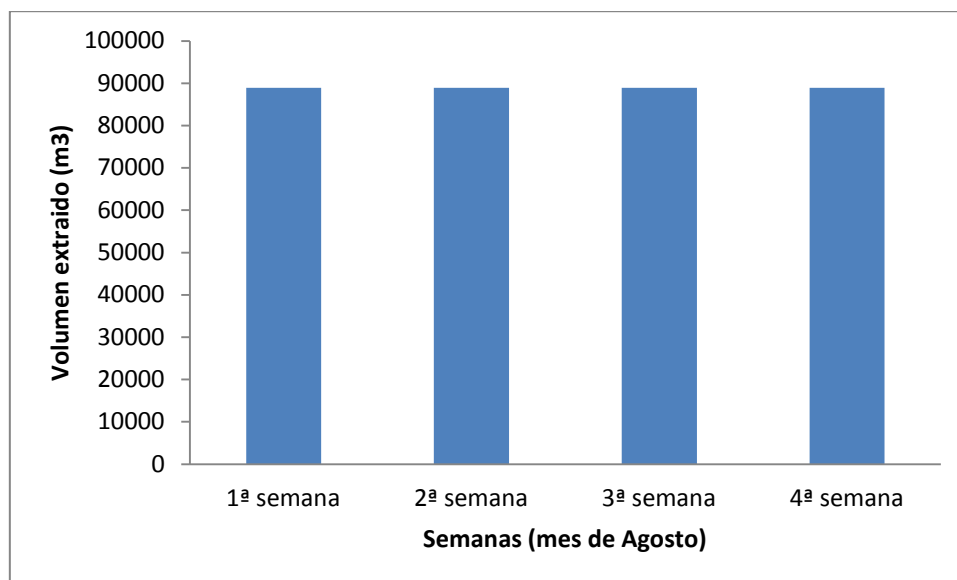


Figura 8. Volúmenes extraídos Canal Júcar-Turia en Est. Bombeo Pla de L'Aljup. Agosto 2011

La distribución horaria semanal del mes de Agosto es homogénea, manteniéndose la misma forma de operación para las cuatro semanas del mes. Se toma como ejemplo para su descripción la primera semana de Agosto, correspondiente a los días 3 a 9 del mes, en los que se extrae un volumen total de  $88920 \text{ m}^3$  de agua como se indica en la Figura 8. Los horarios de operación se distribuyen de la siguiente forma: se toma agua todos los días de la semana de 00h a 08h (extrayendo un volumen semanal de  $65520 \text{ m}^3$  dentro este rango horario), también de lunes a viernes entre 14h a 16h (suponiendo un volumen semanal de  $11700 \text{ m}^3$ ) y sábado y domingo entre las 14h y las 19h ( $11700 \text{ m}^3$ ).

- Mes de Octubre de 2011:

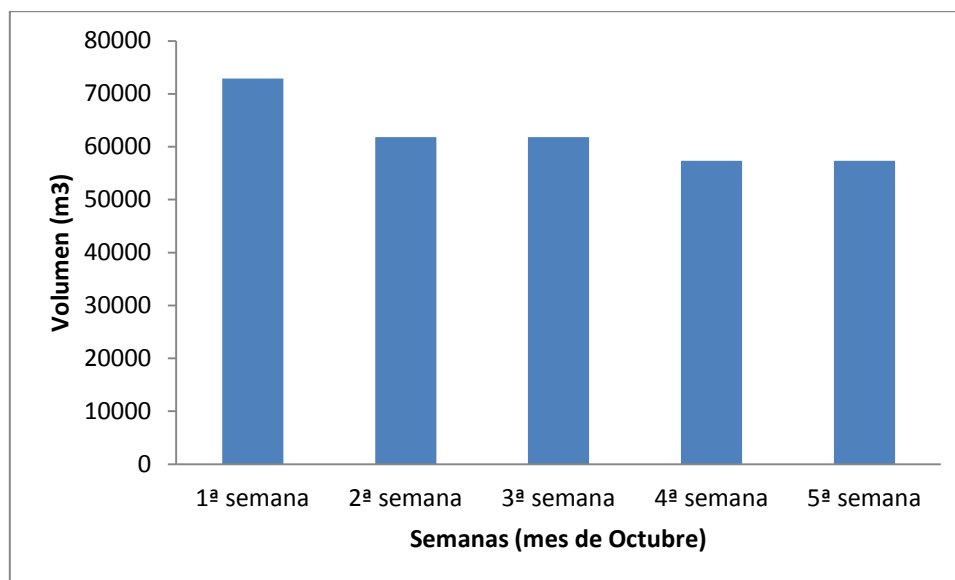


Figura 9. Volúmenes extraídos Canal Júcar-Turia en Est. Bombeo Pla de L'Aljup. Octubre 2011

Como se indica en la Figura 9, durante la 1ª semana del mes, desde el 28 de Septiembre hasta el 4 de Octubre, se toma un volumen total de  $72864 \text{ m}^3$  de agua. Los horarios de operación se distribuyen de la siguiente forma: se toma agua todos los días de la semana de 00h a 08h (extrayendo un volumen semanal de  $61824 \text{ m}^3$ ), y en sábado y domingo entre las 14h y las 19h ( $11040 \text{ m}^3$ ).

La 2ª y la 3ª semana del mes, de los días 5 al 11 y 12 al 18 de Octubre, respectivamente, se toma agua todos los días de la semana de 00h a 08h. Extrayendo un volumen semanal de  $61824 \text{ m}^3$  de agua, como se indica en la Figura 9.

Durante la 4ª Semana del mes, del 19 al 25 de Octubre, se toma agua todos los días de la semana entre las 00h a 07h. Se extrae un volumen total de  $57330 \text{ m}^3$  de agua. Este modo de operación, con su horario y volumen extraído, también es el que se lleva a cabo durante la última semana del mes de Octubre, correspondiente a los días 26 de Octubre al 01 de Noviembre.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Elaboración del modelo hidráulico

Para la creación del modelo hidráulico del sistema de riego del Sector IV, se ha partido del trazado de la red en formato vectorial, el cual se ha complementado con todos los elementos espaciales que conforman la red. Los diferentes elementos se han separado por capas según su naturaleza. Por medio del Modelo Digital del Terreno de paso de malla de 1 m, se han obtenido la cota de cada uno de los puntos, conducciones y demás elementos del sistema. En la Figura 10 se presenta el trazado de la subzona Sur junto con sus elementos singulares con sus cotas en metros sobre el nivel del mar.

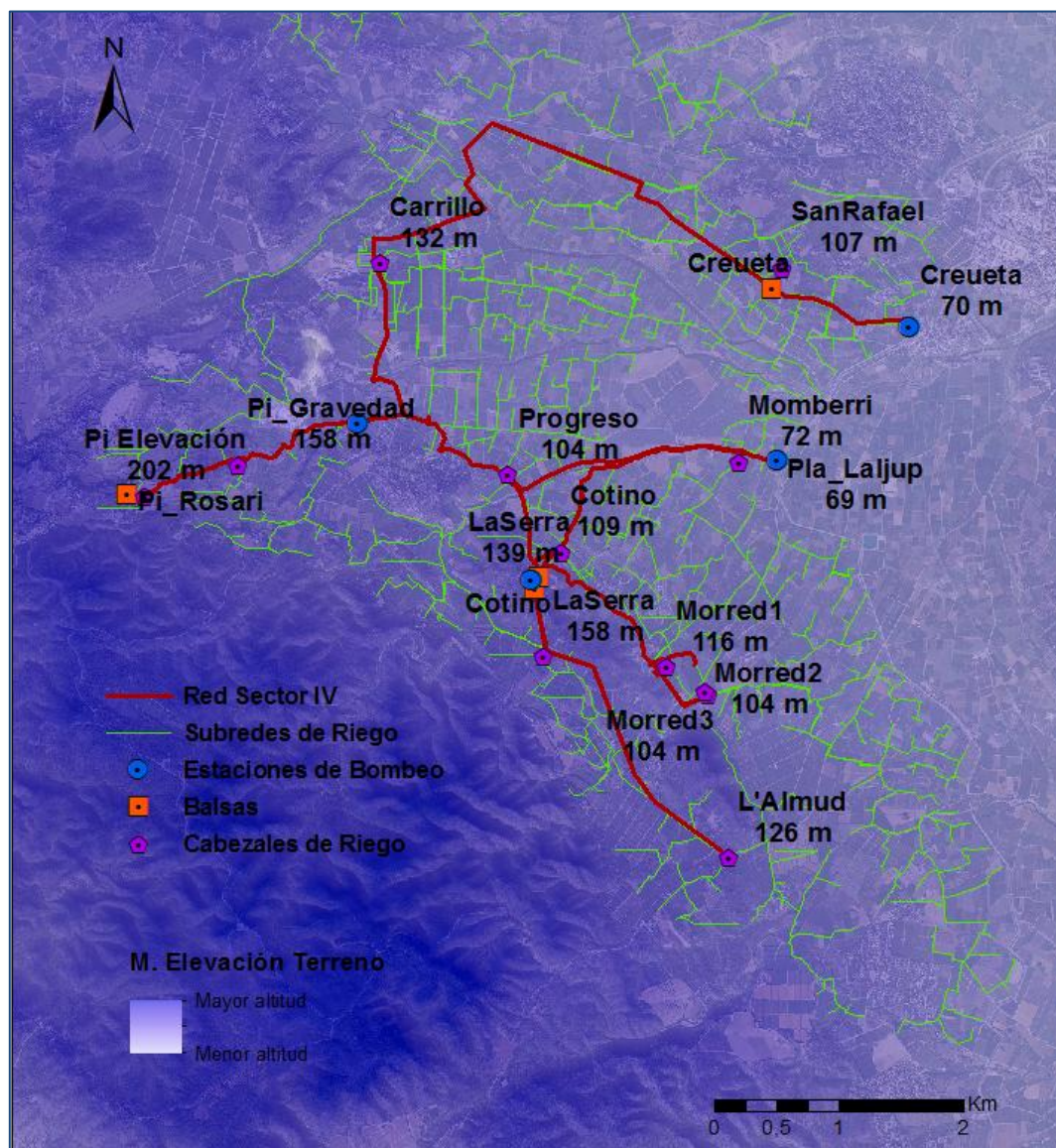


Figura 10. Trazado Red Sector IV (subzona sur) con información cartográfica (MDT). Subsector Sur



En la Figura 11 se muestra el trazado de la subzona Norte. También incluye de imagen de fondo la capa del Modelo de Elevación del Terreno, que caracteriza la naturaleza cartográfica de la red a partir de la distribución de colores que puede apreciarse en el mapa.

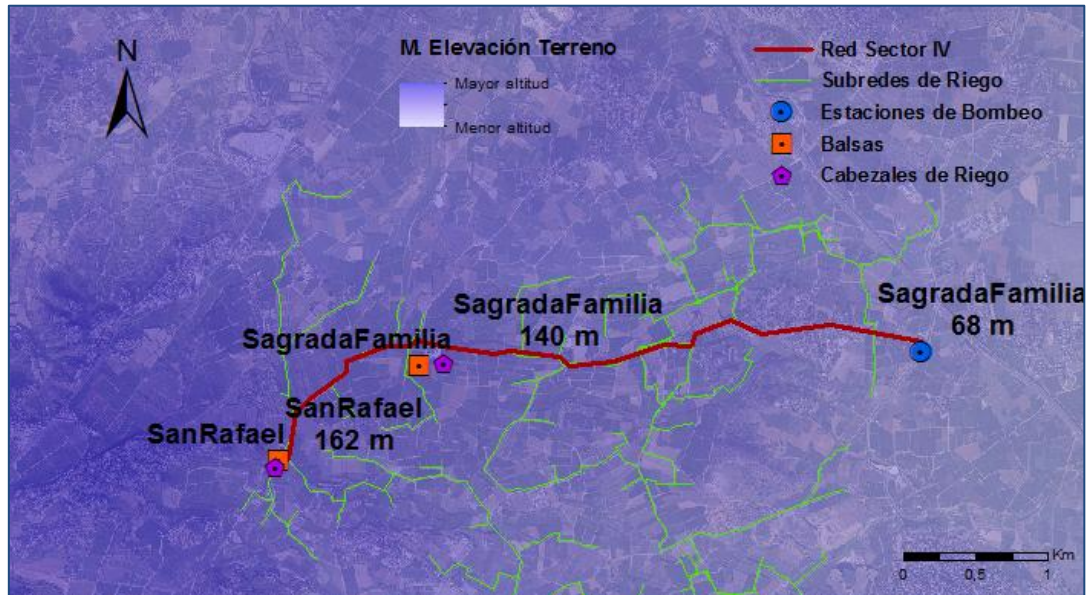


Figura 11. Trazado Red Sector IV con información cartográfica (MDT). Subsector Norte

En el proceso de elaboración de un modelo hidráulico se requiere de la recopilación de toda la información existente de la red, y de su depuración para poder ser asimilada por los programas de análisis. Una vez recopilada toda la información referente al trazado y la cartografía de la red, ésta se traslada al programa de análisis hidráulico, EPANET v2.0 en este caso. La exportación se ha hecho vía formato shape, a través de la herramienta shape to epa.

En la Figura 12 se muestra el esquema de la red del Sector IV Subsector Sur, modelado en EPANET v2.0.

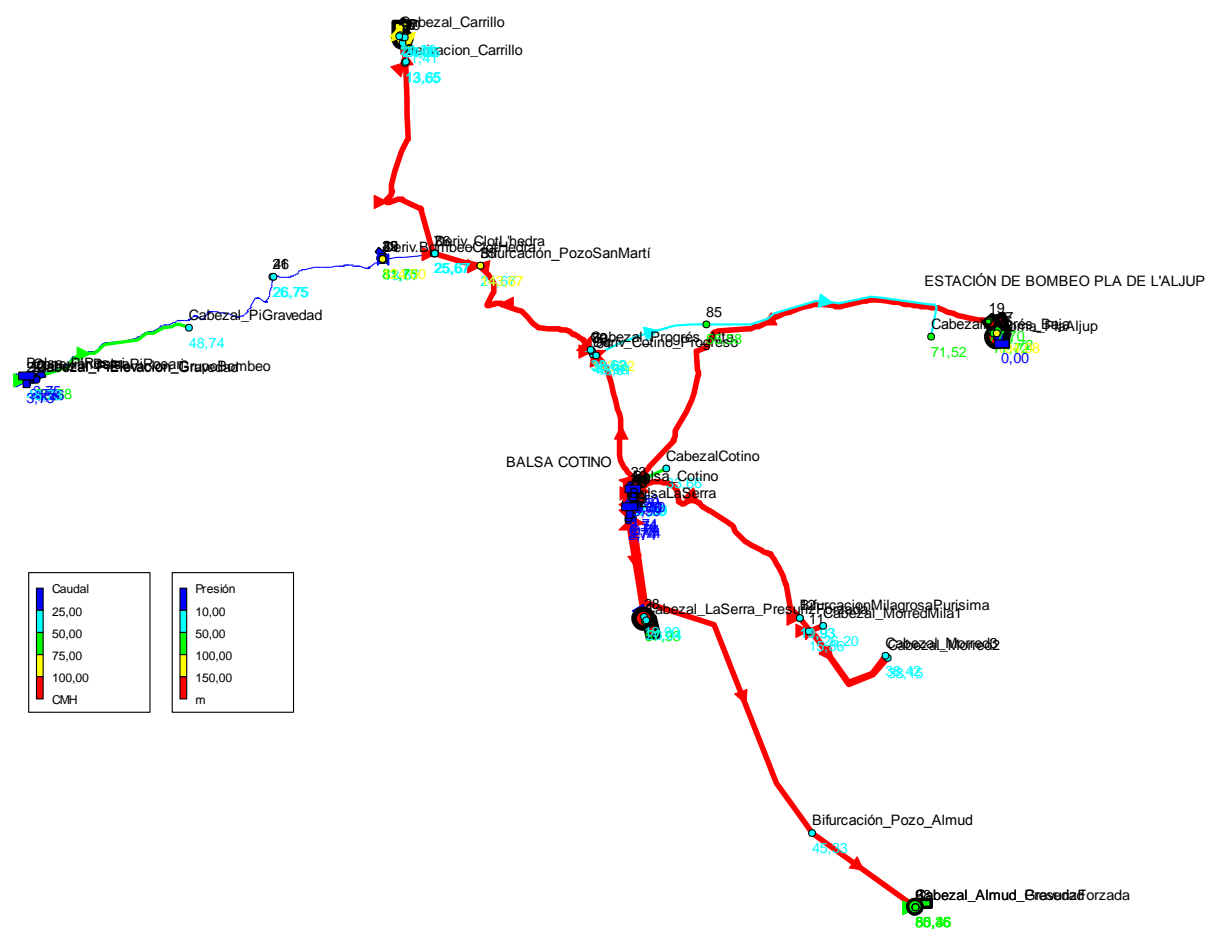


Figura 12. Esquema general del modelo de la red subsector Sur, Sector IV. EPANET v2.0.

### 3.1.1 Tuberías

Es necesario conocer el diámetro interior, longitud y geometría y, adicionalmente, su material, edad y estado de conservación. En los documentos del Proyecto de Ejecución se encuentra especificada esta información. La rugosidad de la tubería depende de su material y de su estado de conservación, siendo ésta una variable esencial a la hora de calibrar el modelo de la red.

### 3.1.2 Balsas

Las balsas de la red del sector IV tienen diferentes geometrías y son, en todos los casos, prismáticas. Dado que el elemento depósito del Software EPANET 2.0 está limitado al uso de



tanques de geometría cilíndrica, se ha obtenido el diámetro equivalente de todas las balsas. Esta dimensión representa, para cada balsa, el diámetro que tendría un cilindro de volumen idéntico.

$$D_{eq} = \sqrt[2]{\frac{4 A}{\pi}}$$

Siendo:

- $D_{eq}$ , el diámetro equivalente de la balsa
- $A$ , la superficie de la Balsa.

Se han integrado en el modelo hidráulico únicamente en modo conectado las balsas que están en funcionamiento regular. Estas son: balsa de Cotino, La Serra, Pi del Rosari y Creueta, en el Sur; y Sagrada Familia y San Rafael en el Norte. A pesar de esto, considerando que el resto de las balsas podrían tener uso en el futuro, también se han incluido en el modelo, aunque desconectadas por ahora de la red, para la generación de futuros escenarios que contemplen su uso.

Se presenta a continuación en la Tabla 6. Propiedades características de las balsas zona Norte Sector IV Júcar-Turia la relación de balsas que se encuentran en el Subsector Norte del Sector IV, junto con sus características y su diámetro equivalente.

Balsa	Volumen (m <sup>3</sup> )	Superf. (m <sup>2</sup> )	Φ equivalente (m)	Cota de Solera (m)
<b>SAGRADA FAMILIA</b>	15.000	3009.15	61.90	139,40
<b>SANT RAFAEL</b>	15.000	2658.81	58.18	165.00

Tabla 6. Propiedades características de las balsas zona Norte Sector IV Júcar-Turia

La Tabla 7 muestra la relación de balsas que se encuentran en el Subsector Sur del Sector IV, junto con sus características y su diámetro equivalente.

Balsa	Volumen (m <sup>3</sup> )	Superf. (m <sup>2</sup> )	Φ equivalente (m)	Cota de Solera (m)
<b>COTINO</b>	50.000	10039.37	113.06	140.20
<b>MILAGROSA</b>	6.000	2029.01	50.83	122.27
<b>PURISIMA</b>	8.000	3238.29	64.21	119.25
<b>LA SERRA</b>	12.000	3236.67	64.20	175.45
<b>EL PROGRESO</b>	10.000	1185.92	38.86	104.91
<b>PI ROSARI</b>	10.000	2667.88	58.28	203.54
<b>CASETA CARRILLO</b>	7.000	2617.81	57.73	132.17
<b>LA CREUETA</b>	12.000	3599.39	67.70	109.69

Tabla 7. Propiedades características de las Balsas zona Sur Sector IV Canal Júcar-Turía

### 3.1.3 Estaciones de Bombeo

Para la implementación del modelo hidráulico de la red Sector IV se han recogido los siguientes datos relativos a las estaciones de bombeo:

- Número de bombas que componen la instalación
- Número de bombas que funcionan regularmente
- Detalles referentes al fabricante y al modelo
- El caudal y la altura correspondientes al punto de funcionamiento de las bombas.
- El caudal total que suministra el grupo de bombeo
- Si cuentan con regulación mediante variador de frecuencia.
- La capacidad de las balsas asociadas a cada estación

Esta información detallada se muestra en el ANEXO II. DATOS DE PARTIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED PARA LA CONFECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.

### 3.2 Estimación de las necesidades de riego

Para el cálculo de la demanda de los cabezales se han estimado las necesidades de riego de cada red asociada a su cabezal mediante criterios agronómicos. Para esto se ha seguido el protocolo marcado por FAO56 (Allen, Pereira, Raes, Smith, 1998), y se han empleado los datos agroclimáticos de precipitación y ETo de la estación de Picassent, caracterizando las condiciones del cultivo de la siguiente manera:

- Cultivo cítrico: naranjo
- Marco de plantación 6x4m y área sombreada del 50%
- 10 emisores por planta de 4l/h.
- Se ha asumido una eficiencia de la instalación del 90 % por tratarse de riego localizado.

En el ANEXO V. CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO se presentan los resultados detallados de los requerimientos mensuales de agua por planta para los años de estudio 2010-2012, con frecuencia mensual y anual. La Tabla 8 presenta esta información para el año 2011:

Mes	ETo	ETc	P	Pe	Nec. Riego	Nec. Riego Brutas	Litros/planta
<b>Enero</b>	33.66	19.97	15.2	7.86	<b>12.11</b>	<b>13.46</b>	<b>322.99</b>
<b>Febrero</b>	60.28	35.21	4	0	<b>35.21</b>	<b>39.12</b>	<b>938.95</b>
<b>Marzo</b>	68.41	40.59	110.2	66.53	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Abril</b>	95.68	53.32	42	23.7	<b>29.61</b>	<b>32.9</b>	<b>789.66</b>
<b>Mayo</b>	121.54	60.08	37.4	21.61	<b>38.47</b>	<b>42.74</b>	<b>1025.83</b>
<b>Junio</b>	140.27	78.16	3	0	<b>78.16</b>	<b>86.85</b>	<b>2084.34</b>
<b>Julio</b>	151.43	92.52	5.2	2.23	<b>90.3</b>	<b>100.33</b>	<b>2407.93</b>
<b>Agosto</b>	144.24	102.41	4.2	2.75	<b>99.66</b>	<b>110.73</b>	<b>2657.54</b>
<b>Septiembre</b>	109.75	72.96	10.2	4.32	<b>68.64</b>	<b>76.26</b>	<b>1830.31</b>
<b>Octubre</b>	70.37	53.1	20.37	9.81	<b>43.29</b>	<b>48.1</b>	<b>1154.5</b>
<b>Noviembre</b>	35.06	23.01	94.05	55.61	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Diciembre</b>	43.16	24.42	10.44	5.29	<b>19.13</b>	<b>21.25</b>	<b>510.09</b>

Tabla 8. Resumen necesidades de riego por planta en Sector IV (mm). Picassent, año 2011.

Se desglosa en la Tabla 8, para cada mes del año 2011, los valores estimados para la evapotranspiración de referencia,  $E_{to}$ , y la evapotranspiración del cultivo naranjo bajo condiciones estándar,  $E_{Tc}$ , seguidos de los valores mensuales registrados de precipitación,  $P$ , y, en la quinta columna, la estimación de la precipitación efectiva,  $P_e$ . Por último se muestran las necesidades de riego netas y brutas del cultivo (mm), seguidas del volumen de agua que esto significa para cada planta (l/planta).

Dado que las necesidades de riego dependen de las condiciones climáticas y del estado fisiológico del cultivo y éstas varían a lo largo del año, los técnicos del sector IV establecen unos días de riego para los cabezales que funcionan de manera restringida en consonancia con la mayor o menor demanda hídrica. Esto se desarrolla en el apartado “Organización del Riego” del presente capítulo.

### **3.3 Obtención de la demanda mensual y diaria en los puntos de consumo**

A partir de la información climática y agronómica se estiman los datos de volúmenes de agua requeridos cuyo proceso se describe en el ANEXO V: CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO. Posteriormente, estos volúmenes, se han hecho extensivos a las superficies dominadas por cada cabezal de riego. Esta información se puede consultar, para el año 2011 en el ANEXO I: DEMANDAS MENSUALES Y DIARIAS EN CABEZALES DE RIEGO.

A partir de las superficies asociadas a cada cabezal de riego se han calculado las demandas de agua de cada una de las redes. Los resultados de estos cálculos, que se indican en la Tabla 9, contrastan con los consumos reales en dichas redes consultados en los registros. La no coincidencia de estos valores se justifica por el hecho de que no toda la superficie está siendo regada por el cabezal.

En la Tabla 9 se comparan los volúmenes teóricos estimados frente a los volúmenes registrados, asumiendo que los cultivos no sufren ningún tipo de estrés hídrico. La superficie regada estimada se obtiene dividiendo los volúmenes registrados frente a los teóricos. Esta suposición se basa en un estudio previo realizado en la zona de estudio por López-Pérez et al. (2012) donde se observó que si bien había unos cultivos sobregados y otros

infraregados, en términos absolutos la relación entre las necesidades reales y los volúmenes aportados era similar.

La justificación de la estimación de la superficie regada es evitar hacer un exhaustivo inventario de todas las parcelas regadas dentro del área de estudio y asignarles los volúmenes registrados por toma para hacer la carga del modelo. Conociendo la superficie regada se pueden simular futuros escenarios donde las necesidades hídricas de los cultivos sean distintas.

Cabezal	Superficie total asignada (Has)	Demanda anual asociada según criterios agronómicos (m <sup>3</sup> )	Consumo Real según registros (m <sup>3</sup> )	Porcentaje regado de la superficie	Superficie Regada (Has)
Morred-1	169	966267.36	634908	65.71%	111.05
Morred-2	125	714694.79	507927	71.07%	88.84
Morred-3	125	714694.79	456430	63.86%	79.83
La Serra	116	663236.77	463912	69.95%	81.14
l'Almud	125	714694.79	524442	73.38%	91.72
Cotino	45	257290.13	188583	73.30%	32.98
Momberri	18	102916.05	93377	90.73%	16.33
Progreso	133	760435.26	528762	69.53%	92.48
Pi Elevación	58	331618.38	236372	71.28%	41.34
Pi Gravedad	83	474557.34	276810	58.33%	48.41
Carrillo	216	1234992.60	1111297	89.98%	194.37
Aigua Sala	370	2115496.58	1118305	52.86%	195.59
Sag Família	208	1189252.13	660431	55.53%	115.51
San Rafael	166	949114.68	731414	77.06%	127.92

Tabla 9. Estimación de la superficie regable mediante la comparación de los volúmenes registrados frente a las necesidades teóricas reales.

Se muestra en el ANEXO I. DEMANDAS MENSUALES Y DIARIAS DE LOS CABEZALES DE RIEGO la información sobre las demandas mensuales y diarias asociadas a cada cabezal de la red para el año 2011.

A partir de los volúmenes estimados y junto con la información de organización del riego que se señala en el apartado 3.3.1, se obtienen los valores definitivos de los caudales horarios

para cada cabezal con los que se establecen las demandas en el modelo de Epanet 2.0 para el subsector Sur del Sector IV de Canal Júcar-Turia, año 2011.

Se toma la campaña del año 2011 para la realización del modelo por ser la campaña con la que se cuenta con mayor volumen de información de cara a la validación del modelo hidráulico.

### 3.3.1 Organización del riego

Tal y como se señala en el apartado de Estimación de las Necesidades de Riego del presente capítulo, éstas dependen entre otros factores de las condiciones climáticas que varían a lo largo del año.

Considerando la estacionalidad y su incidencia en los requerimientos hídricos en las plantas, se establecen diferentes calendarios de riego, dependiendo de la época del año. Esta información se presenta en la tabla 10, ordenada semanalmente.

	Días de riego				
<b>Semanas 40 a 44</b>	4 días semana				
<b>Semanas 45 a 49</b>					
<b>Semanas 50 a 54</b>		1 día semana			
<b>Semanas 01 a 04</b>		2 días semana			
<b>Semanas 05 a 09</b>			2 días semana		
<b>Semanas 10 a 14</b>					
<b>Semanas 14 a 17</b>			3 días semana	3 días semana	
<b>Semanas 18 a 21</b>				4 días semana	
<b>Semanas 22 a 25</b>				5 días semana	5 días semana
<b>Semanas 26 a 30</b>					6 días semana
<b>Semanas 31 a 35</b>					
<b>Semanas 36 a 39</b>					5 días semana

Tabla 10. Planificación de riego Sector IV para cada época del año.

Como se puede apreciar en la Tabla 10 las ocho primeras semanas del año hidrológico, correspondientes a los meses de Octubre y Noviembre tienen el mismo calendario de riego.

Los cuatro días de riego semanales para estos periodos son los lunes, martes, viernes y sábados. El segundo grupo contempla los meses de menos necesidades hídricas: Diciembre, Enero y Febrero; teniéndose para el primero de ellos un día de riego semanal, y para Enero y Febrero 2 días semanales: martes y viernes.

El tercer calendario de riego se extiende entre los meses de Febrero, Marzo y Abril. Los dos días de riego semanales para Febrero y Marzo (de la semana 5 a la 14) son los martes y viernes. En Abril (semanas 14 a 18) se riegan 3 días semanales: Lunes, Miércoles y Viernes.

El calendario de riego de los meses Mayo y Junio establece 4 días de riego a la semana para Mayo, siendo estos días los lunes, martes, viernes y sábados; y los siguientes 5 días semanales para el mes de Junio: lunes, martes, jueves, viernes y sábado.

El quinto grupo abarca los meses de julio, agosto septiembre. Corresponde a la campaña alta de riego, y se riega 5 días en el caso del mes de Septiembre (semanas 36 a 39): lunes, martes, jueves, viernes y sábado; y 6 días semanales, de lunes a sábado, en los meses de Julio y Agosto (semanas 26 a 35).

Tal como se ha indicado en el apartado 2.4 los cabezales de riego existentes en el Sector-IV funcionan o bien por gravedad o bien de forma presurizada en caso de que la presión de suministro sea inferior en los puntos de consumo a la presión mínima de servicio establecida para cada hidrante de 20 mca.

Considerando criterios únicamente energéticos, cuando el riego es realizado por gravedad desde el cabezal, la distribución del agua se puede hacer a la demanda, durante las 24 horas del día. Es así como operan todos los cabezales de riego que funcionan por gravedad de la red del Sector IV, excepto el cabezal de Pi Gravedad.

En cambio, si el riego es realizado después de una presurización por grupos de bombeos en el cabezal, lo deseable es que la jornada quede reducida a las horas de menor coste energético.

La Tabla 11 muestra una distribución de los cabezales que funcionan a demanda, donde se indican características de la instalación.

Cabezal de Riego	Red	Tipo Instalación	Gestión Riego
Morredondo I	Morredondo I	Gravedad	A demanda
Morredondo II	Morredondo II	Gravedad	A demanda
Morredondo III	Morredondo III	Gravedad	A demanda
La Serra	La Serra	Gravedad 75% + Presuriz. 25 %	A demanda
L'Almud	L'Almud	Gravedad 75% + Presuriz. 25 %	A demanda
Cotino	San Blai	Gravedad	A demanda
Progreso	Progreso	Gravedad	A demanda
Progreso (Baja)	Momberri	Gravedad	A demanda
Carrillo	Carrillo	Presión	A demanda
Carrillo	Devadillo	Gravedad	A demanda

Tabla 11. Relación de los cabezales que funcionan a demanda y características de sus instalaciones

La Tabla 12 muestra una relación de los diferentes cabezales de la red del Sector IV que funcionan por sectores, donde se señala el tipo de gestión, características sobre el tipo de presurización y el horario establecido para su funcionamiento.

CABEZALES DE RIEGO POR SECTORES				Horario	
Cabezal de Riego	Red	Tipo Instalación	Gestión Riego	Verano	Invierno
Pi Gravedad	Pi Gravedad	Gravedad	Sectorización	00 - 24 h	00 - 24 h
Pi Elevación	Pi Elevación	Gravedad 75% + Presuriz. 25 %	Sectorización	00 - 21 h	00 - 21 h
Creueta	Aigua Salà	Presurización	Sectorización	00 - 24 h	00 - 24 h
Creueta	Canya Guaita	Presurización	Sectorización	00 - 24 h	00 - 24 h
Sagrada Familia	Sagrada Familia	Gravedad 80% + Presuriz. 20 %	Sectorización	0 - 10 h	0 - 17 h
Sag. Familia (Bisbal)	Sagrada Familia	Gravedad 80% + Presuriz. 20 %	Sectorización	0 - 10 h	0 - 17 h
San Rafael	San Rafael	Presurización	Sectorización	0 - 10 h	0 - 17 h

Tabla 12. Relación de los cabezales que funcionan por sectores (automatiz.) y características de sus instalaciones



En las redes con cabezales automatizados y presurización adicional mediante grupos de bombeo, el riego se realiza principalmente en las horas valle, y en caso de que no sea posible se utilizan las horas llano, evitando en todo momento bombear en las horas punta. Si una subred de riego tiene la posibilidad de regar en algunas tomas mediante gravedad, el riego de éstas se realiza una vez se han utilizado las horas valle para regar con los grupos de bombeo.

Esta programación varía con los periodos estacionales: horario de invierno y horario de verano.

Para la modelación de los puntos de consumo que funcionan a la demanda, puesto que no se cuenta con los registros de la distribución horaria de los caudales en estos cabezales de riego, se les ha asumido un comportamiento basado en un cabezal cuyo patrón de consumo tiene similares características, y del cual se cuenta con registros con frecuencia cada cinco minutos. Se trata del cabezal Cova Santa, localizado muy próximo al Sector IV.

Conociendo la curva de modulación para cada mes del cabezal mencionado, se ha obtenido el patrón de consumo de cada uno de los cabezales que funcionan a la demanda. Estos datos están presentados en el ANEXO II. DATOS DE PARTIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED PARA LA CONFECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.

### 3.3.2 Determinación de las presiones de consigna en los cabezales de riego

Se ha realizado un estudio de los puntos más desfavorables de cada una de las redes de riego alimentadas por cada uno de los cabezales, con el objeto de estimar las presiones necesarias en los cabezales de riego, para poder validar y contrastar las presiones de consigna ya establecidas en la operación de la red.

El criterio seguido ha sido seleccionar los puntos más lejanos del cabezal y aquellos de mayor cota. Los primeros sufren una mayor caída de presión debido a las pérdidas de fricción provocadas en las tuberías y a los segundos les llega el agua con menor presión al ser la diferencia de cota más adversa respecto a la fuente de suministro.

Se ha empleado el Modelo de Elevación del Terreno para determinar los puntos de mayor cota de cada una de las redes de riego. En la Figura 13 se puede ver el trazado de la subred Carrillo (Subsector Sur), junto con el punto identificado como más desfavorable dentro de la misma. En la imagen se pueden apreciar las cotas en metros (m).

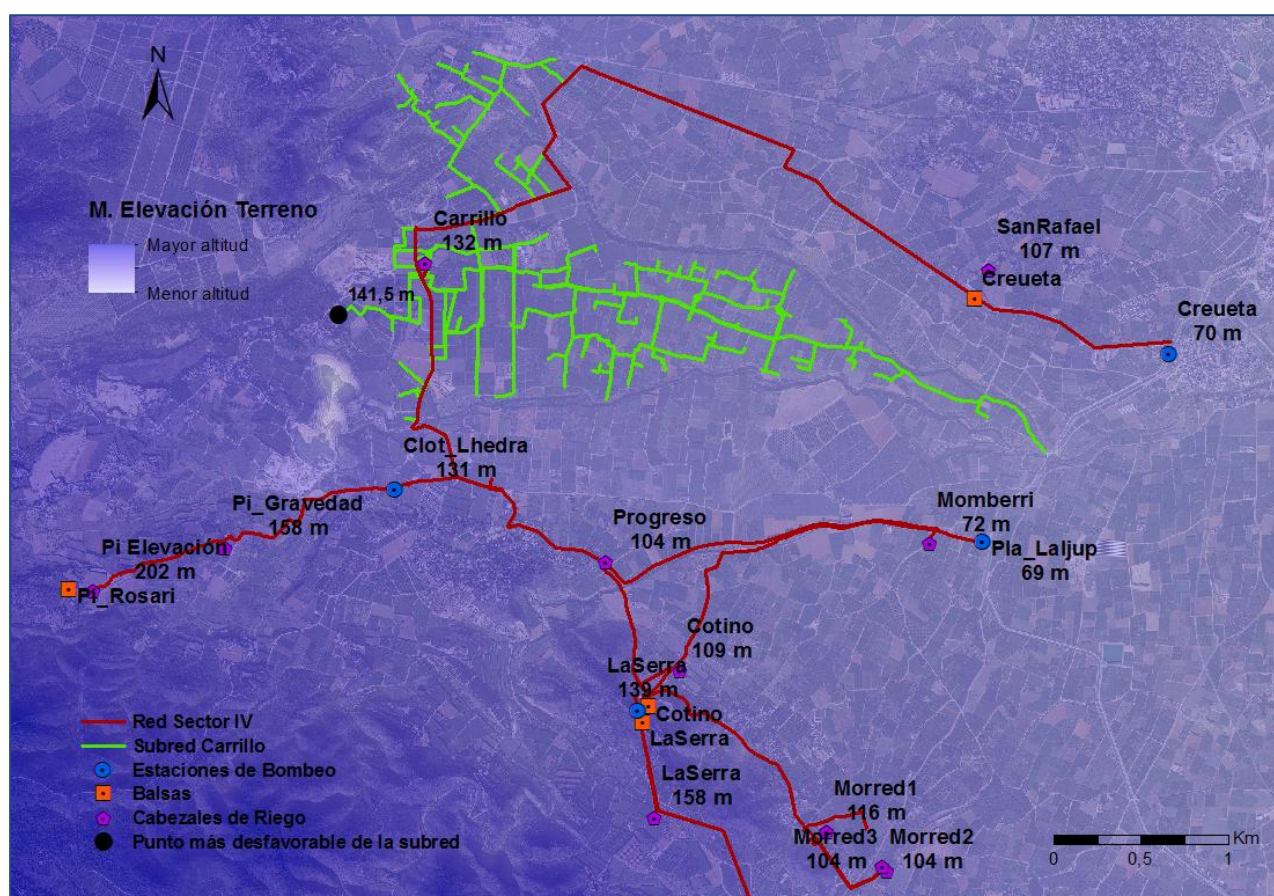


Figura 13. Determinación de puntos desfavorables en las subredes de riego. Subred Caseta Carrillo. Sector IV – Subsector Sur.

En el ANEXO IV. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS MÁS DESFAVORABLES DE LAS SUBREDES DE RIEGO se presentan los mapas correspondientes a las demás subredes de riego del Sector IV Subsector Sur. En ellos se señala el punto más desfavorable de cada una de las mencionadas subredes.

En lo relativo a las pérdidas de carga en las subredes de riego, se ha asumido un valor del 5‰. Valor que corresponde con unas pérdidas por fricción en tubería de 5 m.c.a. por cada 1000 metros de conducción.

En la Tabla 13 se indican los resultados obtenidos de la estimación de las presiones necesarias en cada cabezal, y estos valores se comparan con las presiones de consigna establecidas en el funcionamiento normal de la red. Para este cálculo se ha tenido en cuenta la presión requerida para la limpieza de filtros en los cabezales y el cumplimiento de garantizar una presión mínima en hidrante de 20 m.c.a.

Cabezal	Cota Cabezal (m)	Cota punto más desfavorable de la red (m)	Presión mínima necesaria en el cabezal (mca)	Presión de consigna implementada en la red (mca)
L'Almud	126	169	68	85
La Serra	152	169	47	57
Pi Elevación	194	216	52	70
Carrillo	132	141	33	35

Tabla 13. Presiones necesarias calculadas y comparación con presiones de consigna implementadas. Cabezales con grupos de bombeo

### 3.4 Generación de escenarios

Para la realización del estudio de evaluación y propuestas de mejora de la gestión energética de la red del Sector IV se han generado los siguientes grupos de escenarios:

- El primer grupo aborda la situación inicial. Se simula, para los diferentes periodos estacionales seleccionados del año 2011, el funcionamiento de la red tras su caracterización a partir de las condiciones de operación habituales. El objeto de la generación de este grupo de escenarios es la validación del modelo comparando los resultados de consumo de energía obtenidos frente a los medidos para los distintos calendarios de riego.
- El segundo grupo de escenarios plantea posibles mejoras en la red desde el punto de vista energético. Una vez evaluada la operación de la red en su situación inicial y validado el modelo, se implementan una serie de modificaciones en el comportamiento de la misma con el fin de mejorar su consumo energético. Las simulaciones se realizan para los mismos periodos estacionales del año 2011. Estas modificaciones se concentran en el ajuste de las presiones de consigna a los valores requeridos en las diferentes redes y en la modificación del patrón de consumo en el cabezal Pi Elevación, que opera de manera sectorizada mediante grupos de bombeo.

Ambos escenarios se enmarcan en el tiempo en el ejercicio correspondiente al año 2011. Este año ha sido seleccionado puesto que se cuenta con mayor información de partida para la caracterización de la red y su posterior validación. Los estacionales simulados corresponden a los meses de Enero, Abril, Agosto y Octubre, por ser los meses que, por sus características, mejor definen la operación de la red.

La curva de modulación mensual de los cabezales de riego que funcionan a la demanda se ha establecido a partir de la información del patrón de consumo del cabezal Cova Santa, de similares características a éstos y localización próxima al sector IV. Una vez conocida la curva de modulación para los diferentes meses del año del mencionado cabezal, esta se ha adaptado a cada una de las demandas base mensuales de cada cabezal que compone la red de estudio. En el ANEXO II. DATOS DE PARTIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED PARA LA CONFECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO se presentan los gráficos de caudales horarios para

los cabezales que componen la red de estudio. Tanto para la sección presurizada mediante grupo de bombeo como para la sección que funciona por gravedad.

El estudio se centra esencialmente en el análisis del subsector Sur del Sector IV del Canal Júcar-Turía. Siendo éste el subsistema principal, que abarca mayor superficie y volumen de riego y que cuenta con la mayor red de elementos singulares en operación.

Los indicadores energéticos que se emplean para evaluar el funcionamiento de la red son el consumo energético específico de agua bombeada,  $CEVTp$  ( $kW \text{ h}/m^3$ ); y el consumo energético específico de agua total suministrada en la instalación,  $CEVTt$  ( $kW \text{ h}/m^3$ ). El primer indicador se emplea para validación y comparación de escenarios considerando únicamente el agua bombeada, y el segundo tiene en cuenta también el agua suministrada por gravedad para evaluar de manera integral la operación de la instalación. También se emplea la Potencia máxima registrada de operación en la instalación ( $kW$ ) como indicador para el análisis que se lleva a cabo en el presente trabajo.

## 4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se presenta la validación del modelo hidráulico para el periodo correspondiente a Agosto de 2011. Posteriormente se exponen y analizan los resultados obtenidos en la simulación para la situación inicial de la red a partir de los indicadores señalados en el apartado 3.4. Se comparan después los resultados mencionados con los resultados correspondientes a la simulación de la red después de haber sido modificados los parámetros de funcionamiento, presión de consigna en cabezales y horarios de bombeo con el fin de mejorar la gestión desde el punto de vista energético. Y por último se presentan propuestas de cambios sobre las potencias contratadas.

### 4.1 Validación del modelo

Se presenta en la Tabla 14 un resumen de los resultados de la simulación del escenario de la situación inicial. Los datos que se presentan corresponden al mes Agosto de 2011.

Bomba	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	CEVTt (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	0.27	0.27	318.23
Bomba2_PlaAljup	0.27	0.27	318.23
Bomba3_PlaL'Aljup	0.27	0.27	318.23
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>	<b>0.27</b>	<b>0.27</b>	<b>954.69</b>
EBLaSerra1	0.22	0.22	112.14
EBLaSerra2	0.22	0.22	112.14
<b>Est. Bombeo La Serra</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>	<b>224.28</b>
Bombeo_ClotHedra	0.26	0.26	73.36
Bombeo2_ClotHedra	0.26	0.26	73.36
<b>Est. Bombeo Clot de L'Hedra</b>	<b>0.26</b>	<b>0.26</b>	<b>146.72</b>
Bomba1_Cabecal_Carrillo	0.07	0.0	14.18
Bomba2_Cabecal_Carrillo	0.07	0.04	14.18
<b>Cabecal de Riego Carrillo</b>	<b>0.07</b>	<b>0.04</b>	<b>28.36</b>
Bomba1_Cabecal_Almod	0.12	0.08	16.14
Bomba2_Cabecal_Almod	0.12	0.08	16.14
<b>Cabecal de Riego L'Almod</b>	<b>0.12</b>	<b>0.08</b>	<b>32.28</b>
<b>Bomba_Cabecal_LaSerra</b>	<b>0.13</b>	<b>0.09</b>	<b>31.2</b>
<b>Bomba_Cabecal_PiElevación</b>	<b>0.27</b>	<b>0.09</b>	<b>7.06</b>

Tabla 14. Resumen resultados energía simulación escenario situación inicial. Agosto año 2011



En el ANEXO III. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN. INDICADORES ENERGÉTICOS se muestra una relación de tablas para los diferentes periodos de la simulación de la situación inicial.

En la Tabla 14 se comprueba que los datos de potencias máximas registradas que ofrece la simulación, Potencia Máx. (kW), son del orden de magnitud de los reflejados en las curvas de las bombas instaladas. Datos que están señalados en el ANEXO II. DATOS DE PARTIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED PARA LA CONFECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.

La Tabla 15 presenta los resultados del indicador CEVTt que ofrece la simulación de la situación inicial, junto con los valores del indicador registrados en el funcionamiento real de la red, en el periodo de Agosto de 2011.

	Escenario simulado para la situación inicial	Valores registrados de funcionamiento real de la red
Bomba	CEVTt (kW h/m <sup>3</sup> )	CEVTt (kW h/m <sup>3</sup> )
Bomba1_PlaAljup	0.27	0.30
Bomba2_PlaAljup	0.27	0.30
Bomba3_PlaL'Aljup	0.27	0.30
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>	<b>0.27</b>	<b>0.30</b>
EBLaSerra1	0.22	0.19
EBLaSerra2	0.22	0.19
<b>Est. Bombeo La Serra</b>	<b>0.22</b>	<b>0.19</b>
Bombeo_CloteHedra	0.26	0.41
Bombeo2_CloteHedra	0.26	0.41
<b>Est. Bombeo Clote de L'Hedra</b>	<b>0.26</b>	<b>0.41</b>
Bomba1_CabezaL_Carrillo	0.04	0.05
Bomba2_CabezaL_Carrillo	0.04	0.05
<b>CabezaL de Riego Carrillo</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>
Bomba1_CabezaL_Almud	0.08	0.03
Bomba2_CabezaL_Almud	0.08	0.03
<b>CabezaL de Riego L'Almud</b>	<b>0.08</b>	<b>0.03</b>
<b>Bomba_CabezaL_LaSerra</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>
<b>Bomba_CabezaL_PiElevación</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>

Tabla 15. Resultados CEVTt para el escenario de la situación inicial comparados con los valores de funcionamiento real. Subsector Sur, Sector IV. Agosto 2011.

Comparando los valores que se presentan en la Tabla 15 para la validación del modelo, se observa un valor del CEVTt para la Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup de  $0.27 \text{ kW h/m}^3$  como resultado de la simulación, mientras que los registros de facturación para el mismo periodo proporcionan  $0.30 \text{ kW h/m}^3$ , lo que significa un error relativo de -10%. En la Estación de Bombeo de La Serra, se tiene un valor para el mismo indicador de  $0.22 \text{ kW h/m}^3$  como resultado de la simulación, y se cuenta en los registros de facturación con un valor de  $0.19 \text{ kW h/m}^3$ , lo que significa un error relativo de +13,6%.

Los resultados para el indicador CEVTt en la Estación de Bombeo Clot de L'Hedra ofrecen valores significativamente diferentes debido a que los registros eléctricos de la Estación de Bombeo incluyen también la operación de la infraestructura para el sondeo de Clot de L'Hedra. Lo cual significa un aumento notable en la energía consumida, lo que no permite su comparación para la validación.

En el cabezal de riego Carrillo, la simulación presenta un valor para el indicador CEVTt de  $0.04 \text{ kW h/m}^3$ , que comparado con el valor de  $0.05 \text{ kW h/m}^3$  significa un error relativo del -20%. Y en los cabezales de La Serra y Pi Elevación se encuentran valores idénticos entre los que ofrece la simulación y los que se cuentan en los registros de facturación de la red, lo cual supone un error relativo del 0%.

En el cabezal de riego L'Almud, la simulación arroja un valor para el indicador CEVTt de  $0.08 \text{ kW h/m}^3$ , valor que resulta significativamente alejado del que se puede consultar en el registro, de  $0.03 \text{ kW h/m}^3$ . No obstante, el valor que ofrece la simulación se encuentra muy próximo o idéntico a los valores que ofrecen los registros para otros periodos. Estos valores son  $0.07 \text{ kW h/m}^3$  para los registros de la campaña de 2009 y  $0.08 \text{ kW h/m}^3$  para 2010. Por este motivo, se considera que los valores que ofrece la simulación para este cabezal son fieles al modo de operación real de la instalación.

Los posibles errores del modelo al estimar el consumo de energía se pueden deber principalmente al haber asumido las curvas características de las bombas suministradas por los fabricantes y no las reales del funcionamiento que pueden haber variado después de varios años de operación. Para una mejor caracterización del modelo, sería conveniente obtener estas curvas.



A continuación se exponen los resultados de la simulación de la situación inicial.

#### 4.1.1 Estación de bombeo Pla de L'Aljup

La Estación de Bombeo Pla de L'Aljup, situada en la toma con el mismo nombre en el Canal Júcar-Turia, es la estación principal de la Red del Sector IV por su consumo energético, su volumen de bombeo y por superficie a la que suministra.

A continuación se presentan los resultados para los meses simulados, junto con su análisis. En la Tabla 16 se muestra una relación mensual de las potencias máximas registradas en la estación de bombeo, con las horas totales de funcionamiento al mes y la distribución de éstas en los diferentes periodos horarios.

	Potencia máx registrada (Kw)	Horas en operación totales al mes (h)	Distr. horas mensuales en los diferentes periodos (h)					
			Punta		Llano		Valle	
			P1	P4	P2	P5	P3	P6
ENERO	638.68	52	0	0	0	0	0	52
ABRIL	638.68	124	0	0	0	0	0	124
JULIO	954.69	252	0	0	0	0	0	252
AGOSTO	954.69	288	0	0	0	0	0	288
SEPTIEMBRE	954.69	196	0	0	0	0	0	196
OCTUBRE	638.68	184	0	0	0	0	0	184

Tabla 16. Datos relativos a potencias registradas y horarios obtenidos de la simulación de la Est. de Bombeo Pla de L'Aljup. Escenario de la situación inicial. Año 2011

Se puede apreciar que la estación de bombeo opera en el escenario de la situación inicial únicamente dentro del periodo P6 Valle, y que para los meses de mayores necesidades hídricas se emplean las 3 bombas funcionando a la vez, registrando una potencia de 954.69 kW.

#### 4.1.2 Estación de Bombeo de La Serra

La Tabla 17 muestra la relación mensual de las potencias máximas registradas en la estación de bombeo con las horas totales de funcionamiento al mes y su distribución en los diferentes periodos horarios, en la simulación correspondiente al escenario de la situación inicial.

	Potencia máx registr (Kw)	Horas totales al mes (h)	Distr. horas mensuales en los diferentes periodos (h)		
			Punta	Llano	Valle
<b>ENERO</b>	223.7	52	0	0	52
<b>ABRIL</b>	223.7	60	0	0	60
<b>AGOSTO</b>	224.3	192	0	0	192
<b>OCTUBRE</b>	223.7	84	0	0	84

Tabla 17. Potencias registradas y horarios obtenidos de la simulación de la Est. de Bombeo La Serra. Escenario de la situación inicial. Año 2011

La Tabla 18 muestra los volúmenes de agua mensuales que bombea la Impulsión La Serra desde la Balsa Cotino, hacia la Balsa La Serra, para los diferentes periodos de la simulación de la situación inicial.

Mes	Vol. Bombeado (m <sup>3</sup> )
Enero	23263,75
Abril	56876.23
Agosto	191412.59
Octubre	83154.28

Tabla 18. Volúmenes mensuales bombeados en la Estación de Bombeo La Serra en los diferentes periodos simulados. Escenario de la situación inicial. Año 2011

#### 4.1.3 Estación de Bombeo Clot de L'Hedra

A continuación se muestran los volúmenes de agua mensuales que bombea la Estación de Bombeo Clot de L'Hedra hacia la Balsa Pi del Rosari, para el año de estudio 2011.

Mes	Vol. Bombeado (m <sup>3</sup> )
Enero	12079.21
Abril	29531.79
Agosto	99386.95
Octubre	43176.11

Tabla 19. Volúmenes mensuales Estación de Bombeo Clot de L'Hedra. Año 2011

Se expone a continuación la Tabla 20 correspondiente a la Estación de Bombeo Clot de L'Hedra que muestra, a partir de la simulación realizada en Epanet 2.0, la relación mensual de las potencias máximas registradas en la instalación con las horas mensuales totales de funcionamiento y su distribución en los diferentes periodos horarios.

	Potencia máx registrada (Kw)	Horas totales al mes (h)	Distr. horas mensuales en los diferentes periodos (h)		
			Punta	Llano	Valle
<b>ENERO</b>	73.36	44	0	0	44
<b>ABRIL</b>	73.36	108	0	0	108
<b>AGOSTO</b>	146.72	180	0	0	180
<b>OCTUBRE</b>	73.36	156	0	0	156

Tabla 20. Datos relativos a potencias registradas y horarios obtenidos de la simulación de la Est. de Bombeo Clot de L'Hedra. Simulación de la situación inicial. Año 2011

#### 4.1.4 Cabezal de riego Pi Elevación

Se muestran en la Tabla 21 los resultados de potencia máxima registrada en cada mes simulado para el cabezal Pi Elevación, juntos con las horas totales de funcionamiento del equipo de bombeo y su distribución en los diferentes periodos horarios.

	Potencia máx registrada (Kw)	Horas totales al mes en operación (h)	Distr. horas mensuales en los diferentes periodos (h)		
			Punta	Llano	Valle
<b>ENERO</b>	2.58	144	24	56	64
<b>ABRIL</b>	4.19	216	72	48	96
<b>AGOSTO</b>	7.06	432	120	80	232
<b>OCTUBRE</b>	4.6	288	72	48	168

Tabla 21. Datos relativos a potencias registradas y horarios obtenidos de la simulación en cabezal Pi Elevación. Año 2011. Situación inicial.

Se aprecia en la Tabla 21 que la distribución de horas en que opera el cabezal en los diferentes periodos de facturación tiene un carácter uniforme. Por lo cual se entiende que hay mayores posibilidades de aprovechamiento de las ventajas que ofrece la tarificación, tratándose de un cabezal que funciona por sectorización. Esto se desarrolla en el apartado 4.2 Resultados y análisis de los escenarios de mejora, a partir de una simulación en la que se establece un horario de funcionamiento optimizado, adaptado a las características horarias de la tarifa 3.1 que rige la operación de la instalación.

#### 4.1.5 Cabezal de riego Caseta Carrillo

Se muestran en la Tabla 22 los resultados para los indicadores potencia y energía de la sección con presurización forzada del cabezal Caseta Carrillo.

MES	Instalación (desglosado)	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Enero	Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.07	1.96
	Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.07	1.96
	<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>3.92</b>
Abril	Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.07	4.86
	Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.07	4.86
	<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>9.72</b>
Agosto	Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.07	14.18
	Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.07	14.18
	<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>28.36</b>
Octubre	Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.07	4.99
	Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.07	4.99
	<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>9.98</b>

Tabla 22. Indicadores energéticos de los resultados simulación en el Cabezal Carrillo. Escenario situación inicial. Año 2011

#### 4.1.6 Cabezal La Serra

La Tabla 23 presenta los resultados para los indicadores de potencia y energía derivados de la simulación del escenario de la situación inicial para el cabezal La Serra.

MES	Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Enero	<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	0.13	4.13
Abril	<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	0.13	10.39
Agosto	<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	0.13	31.2
Octubr.	<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	0.13	15.85

Tabla 23. Indicadores energéticos de los resultados simulación en el cabezal La Serra. Escenario situación inicial. Año 2011

#### 4.1.7 Cabezal L'Almud

Se muestran a continuación, en la Tabla 24, los resultados para los indicadores de potencia y energía derivados de la simulación para el cabezal L'Almud.

MES	Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Enero	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.13	2.39
	Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.13	2.39
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.13</b>	<b>4.78</b>
Abril	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.14	7.68
	Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.14	7.68
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.14</b>	<b>15.36</b>
Agosto	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.12	16.14
	Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.12	16.14
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.12</b>	<b>32.28</b>
Octubre	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.13	9.1
	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.13	9.1
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.13</b>	<b>18.2</b>

Tabla 24. Indicadores energéticos de los resultados simulación en el Cabezal L'Almud. Escenario situación inicial. Año 2011.

## 4.2 Resultados y análisis de los escenarios de mejora

Se presenta en la Tabla 25 un resumen de los resultados de la simulación del escenario de la situación en la que se ha mejorado a gestión energética. Los datos que se presentan corresponden al mes Agosto de 2011. En el ANEXO III. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN. INDICADORES ENERGÉTICOS se muestra una relación de tablas con los resultados para los diferentes periodos de simulación.

Bomba	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Media (kW)	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	0.27	313.87	<b>318.23</b>
Bomba2_PlaAljup	0.27	313.87	<b>318.23</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	0.27	313.87	<b>318.23</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>	<b>0.27</b>	<b>941.61</b>	<b>954.69</b>
EBLaSerra1	0.22	111.88	<b>112.48</b>
EBLaSerra2	0.22	111.88	<b>112.48</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>	<b>0.22</b>	<b>223.76</b>	<b>224.96</b>
Bombeo_CloteHedra	0.26	70.1	<b>73.36</b>
Bombeo2_CloteHedra	0.26	70.1	<b>73.36</b>
<b>Est. Bombeo Clote de L'Hedra</b>	<b>0.26</b>	<b>140.2</b>	<b>146.72</b>
Bomba1_Cabezal_Carrillo	0.07	7.27	<b>14.18</b>
Bomba2_Cabezal_Carrillo	0.07	7.27	<b>14.18</b>
<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>	<b>0.07</b>	<b>14.54</b>	<b>28.36</b>
Bomba1_Cabezal_Almud	0.07	3.62	<b>9.13</b>
Bomba2_Cabezal_Almud	0.07	3.62	<b>9.13</b>
<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>	<b>0.07</b>	<b>7.24</b>	<b>18.26</b>
<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	<b>0.09</b>	<b>8.59</b>	<b>22.17</b>
<b>Bomba_Cabezal_PiElevación</b>	<b>0.2</b>	<b>10.69</b>	<b>10.69</b>

Tabla 25. Resumen resultados energía simulación escenario situación mejorada. Subsector sur, Sector IV. Agosto 2011

### 4.2.1 Cabezal Pi Elevación

Analizando el comportamiento del cabezal Pi Elevación en la situación inicial, se puede comprobar que en los turnos no existe una discriminación suficientemente basada en las tarifas de la energía de los diferentes periodos horarios. La Figura 14 presenta el gráfico que ilustra la distribución horaria del funcionamiento de la línea del cabezal que opera con grupo de bombeo, para la simulación de la situación inicial, durante el mes de Agosto 2011.

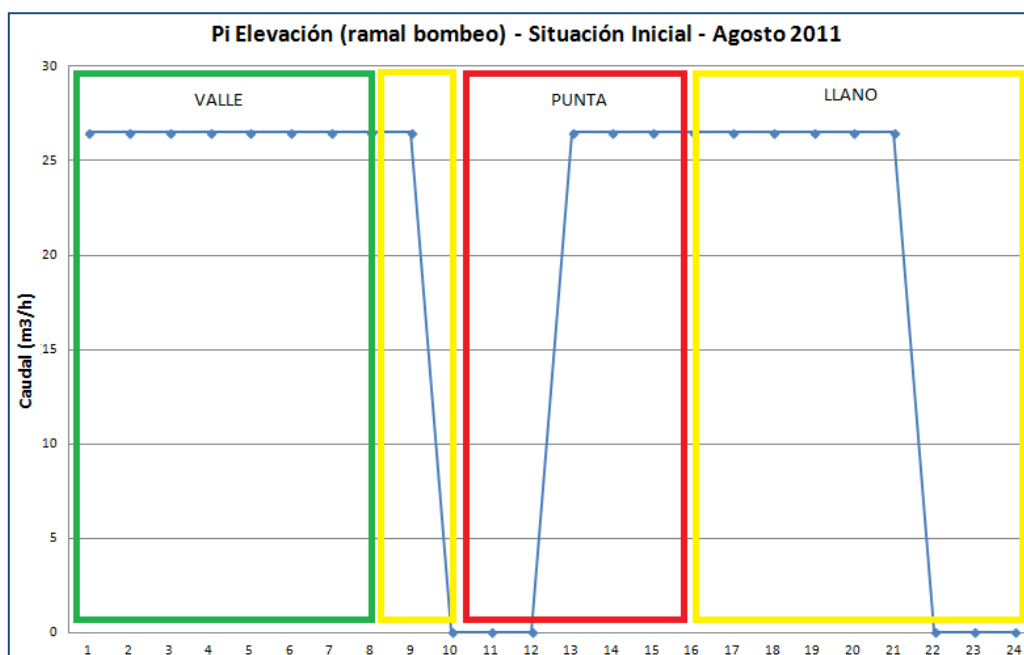


Figura 14. Distribución de la demanda horaria del Cabezal Pi Elevación en los periodos tarifarios. Escenario situación inicial. Agosto 2011.

La propuesta de mejora en la gestión energética para el Cabezal Pi Elevación consiste en la organización de los turnos de riego de forma que la línea que cuenta con el grupo de bombeo opere únicamente en periodos Valle (principalmente) y Llano. Se puede apreciar el horario de funcionamiento planteado en esta medida en el gráfico de la Figura 15.

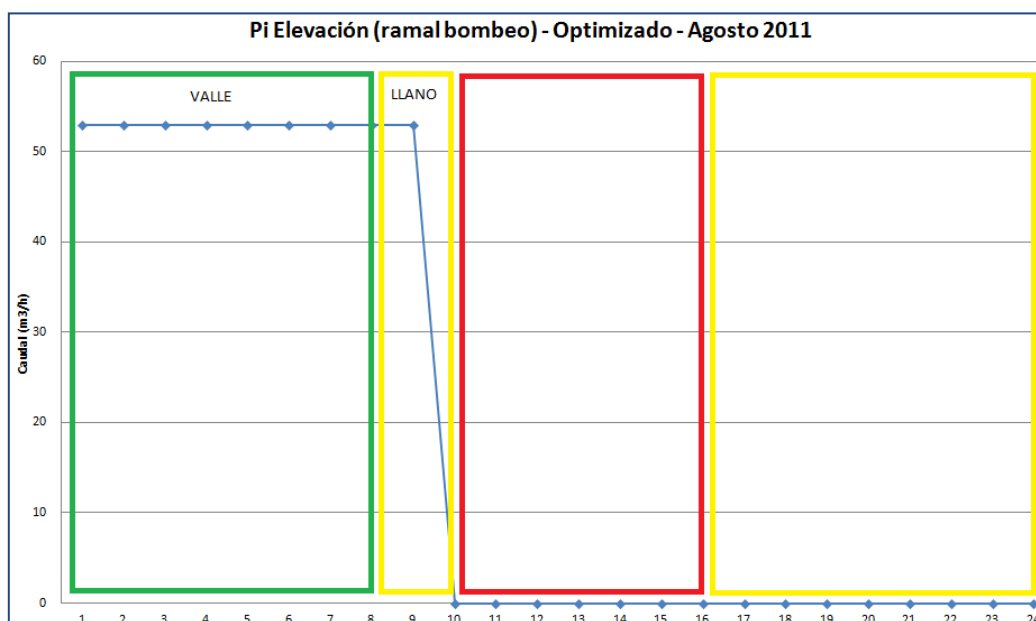


Figura 15. Distribución de la demanda horaria del Cabezal Pi Elevación en los periodos tarifarios. Escenario situación mejorada. Agosto 2011.

El objeto de esta propuesta es aprovechar más las ventajas de la sectorización, puesto que su razón de ser se basa en la determinación de las condiciones de funcionamiento del suministro para cada momento en función de las necesidades de cada turno. Con el objetivo de buscar los escenarios que comporten un menor consumo de energía.

Además de lo anterior, dentro de las propuestas de mejora del funcionamiento del cabezal está también la reducción de la presión de consigna de 70 m.c.a. en la situación inicial a 52 m.c.a (ver Tabla 13).

En la Tabla 26 se presentan los resultados de la simulación para la situación mejorada en el Cabezal Pi Elevación. Se indican las potencias registradas y horarios de funcionamiento.

	Potencia máx registrada (Kw)	Horas totales al mes (h)	Horas mensuales en los diferentes periodos (h)		
			Punta	Llano	Valle
<b>ENERO</b>	3.89	144	0	80	64
<b>ABRIL</b>	6.35	108	0	12	96
<b>AGOSTO</b>	10.69	216	0	20	196
<b>OCTUBRE</b>	7.01	144	0	12	132

Tabla 26. Potencias registradas y horarios de la simulación de la situación mejorada para cabezal Pi Elevación. Año 2011

En la Tabla 27 se muestra el consumo energético específico, CEVTP, en el Cabezal Pi Elevación para la situación inicial y para la simulación correspondiente al escenario en que se han planteado las mejoras.

	Situación Mejorada	Situación Inicial
	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )
<b>ENERO</b>	0.20	0.27
<b>ABRIL</b>	0.20	0.27
<b>AGOSTO</b>	0.20	0.27
<b>OCTUBRE</b>	0.20	0.27

Tabla 27. Energía consumida por m3 en Cabezal Pi Elevación. Comparación para la situación mejorada y la situación inicial. Año 2011



La Tabla 28 presenta el ahorro energético mensual que se obtiene de la implementación de las medidas propuestas en el cabezal Pi Elevación, para el grupo de escenarios simulados correspondientes a la situación en que se ha mejorado el funcionamiento de la instalación.

	Ahorro energético (kW h)
<b>ENERO</b>	97.36
<b>ABRIL</b>	238.04
<b>AGOSTO</b>	801.11
<b>OCTUBRE</b>	348.02

Tabla 28. Ahorro energético mensual en el cabezal Pi Elevación, para los periodos de la simulación. Situación Mejorada. Año 2011

A partir de los valores que presenta la Tabla 28, se estima un ahorro energético global hecho extensivo a la campaña anual del año 2011 para la instalación del cabezal Pi Elevación, de 4136.51 kW h. Valor que supone en términos relativos un ahorro del 18.71% del consumo energético anual del cabezal, para el año 2011.

#### 4.2.2 Cabezal L'Almud

En la Tabla 29 se presentan el informe de resultados para la simulación.

MES	Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Enero	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.08	1.37
	Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.08	1.37
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.08</b>	<b>2.74</b>
Abril	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.08	5.11
	Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.08	5.11
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.08</b>	<b>10.22</b>
Agosto	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.07	9.13
	Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.07	9.13
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.07</b>	<b>18.26</b>
Octubre	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.08	5.18
	Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.08	5.18
	<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.08</b>	<b>10.36</b>

Tabla 29. Indicadores energéticos de los resultados simulación Cabezal L'Almud. Situación mejorada. Año 2011.

La propuesta de mejora del funcionamiento del cabezal L'Almud consiste en la reducción de la presión de consigna de 85 m.c.a. en la situación inicial a un valor de 68 m.c.a. Valor que se expone y se justifica en la Tabla 13.

En la Tabla 30 se muestra el consumo energético específico, CEVTP, en el Cabezal L'Almud para la situación inicial y para la simulación correspondiente al escenario en que se ha mejorado el funcionamiento de la instalación con la reducción de la presión de consigna.

	Situación Mejorada	Situación Inicial
	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )
<b>ENERO</b>	<b>0.08</b>	0.13
<b>ABRIL</b>	<b>0.09</b>	0.13
<b>AGOSTO</b>	<b>0.09</b>	0.14
<b>OCTUBRE</b>	<b>0.09</b>	0.12

Tabla 30. Energía consumida por m<sup>3</sup> en Cabezal L'Almud. Comparación para la situación mejorada y la situación inicial. Año 2011.

La Tabla 31 presenta el ahorro energético mensual que se obtiene de la implementación de las medidas propuestas en el cabezal L'Almud, para el grupo de escenarios simulados correspondientes a la situación en que se ha mejorado la gestión energética de la instalación.

	Ahorro energético (kW h)
<b>ENERO</b>	304.06
<b>ABRIL</b>	745.81
<b>AGOSTO</b>	2508.16
<b>OCTUBRE</b>	1090.61

Tabla 31. Ahorro energético mensual en el cabezal L'Almud, para los periodos de la simulación. Situación mejorada. Año 2011

A partir de los valores que presenta la Tabla 31, se estima un ahorro energético global hecho extensivo a la campaña anual del año 2011 para la instalación del cabezal L'Almud, de 12953.72 kW h.

### 4.2.3 Cabezal La Serra

En la Tabla 32 se muestran los indicadores de la simulación de potencia y energía para la instalación del cabezal La Serra, tras haber implementado la reducción de la presión de consigna en su operación, de los 57 m.c.a. iniciales a 47 m.c.a. (ver Tabla 13).

MES	Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Enero	Bomba_Cabezal_LaSerra	100	0.09	2.93
Abril	Bomba_Cabezal_LaSerra	100	0.09	7.38
Agosto	Bomba_Cabezal_LaSerra	100	0.09	22.17
Octubre	Bomba_Cabezal_LaSerra	100	0.09	11.26

Tabla 32. Indicadores energéticos de los resultados simulación La Serra. Situación mejorada. Año 2011.

En la Tabla 33 se muestra el consumo energético específico, CEVTP, en el Cabezal La Serra para la situación inicial y para la simulación correspondiente al escenario en que se ha mejorado la gestión energética de la instalación.

	Situación Mejorada	Situación Inicial
	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )
ENERO	0.09	0.13
ABRIL	0.09	0.13
AGOSTO	0.09	0.13
OCTUBRE	0.09	0.12

Tabla 33. Energía consumida por m<sup>3</sup> en Cabezal La Serra. Comparación para la situación mejorada y la situación inicial. Año 2011.

Se aprecia que esta modificación en la operación del grupo de bombeo ha supuesto una reducción notable en el consumo energético específico, CEVTP, de la instalación. Se presenta el ahorro energético asociado a la misma, en la Tabla 34 para el grupo de escenarios simulados.

	Ahorro energético (kW h)
<b>ENERO</b>	269.71
<b>ABRIL</b>	659.40
<b>AGOSTO</b>	2219.17
<b>OCTUBRE</b>	964.06

**Tabla 34. Ahorro energético mensual en el cabezal La Serra, para los periodos de la simulación. Situación Mejorada. Año 2011**

A partir de los valores que presenta la Tabla 34, se estima un ahorro energético global hecho extensivo a la campaña anual del año 2011 para la instalación del cabezal La Serra, de 11458.63 kW h. Valor que supone un ahorro del 26.95% del consumo energético anual del cabezal, para el año 2011.

#### **4.2.4 Ahorro energético global de las medida propuestas**

La reducción de las presiones de consigna en los cabezales L'Almud, La Serra y Pi Elevación, unido a la modificación en la gestión horaria del funcionamiento de este último, supone un ahorro energético global para la campaña anual de 2011 de 28548.85 kW h. Valor que significa un ahorro del 16.22% del consumo energético anual de los cabezales del subsector Sur, Sector-IV, en 2011.

## 4.3 Propuestas sobre las potencias contratadas

### 4.3.1 Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup

A partir de los datos de potencias máximas registradas en la simulación correspondiente a la situación inicial que se indican en la Tabla 35, se plantean las propuestas para la modificación de las potencias contratadas en la Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup.

	Potencia máx registrada (Kw)
ENERO	638.68
ABRIL	638.68
JULIO	954.69
AGOSTO	954.69
SEPTIEMBRE	954.69
OCTUBRE	638.68

Tabla 35. Potencias máximas registradas en los periodos de simulación correspondientes al escenario de la situación inicial. Estación de Bombeo Pla de L'Aljup. Año 2011.

Se presentan en la Tabla 36 las potencias contratadas a la compañía eléctrica para cada periodo tarifario frente a las potencias que se han propuesto en el presente trabajo, que se han valorado en base a las necesidades de la red y a su desempeño en la simulación.

E.B. Pla de L'Aljup											
Potencias Contratadas (Kw)						Potencias Propuestas (Kw)					
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
20	20	160	160	160	1000	20	320	320	20	20	1000

Tabla 36. Potencias contratadas para la instalación de la Est. Bombeo Pla de L'Aljup, y potencias propuestas. Año 2011

Esta propuesta de cambio no supone por sí misma un ahorro en la facturación de la instalación, puesto que conlleva un aumento en la potencia contratada. Pero resulta más acorde con el funcionamiento en la práctica de la instalación, lo cual evitaría penalizaciones por consumos superiores a los contratados.

Aplicando las tarifas vigentes actuales, vigentes desde el 1 de Febrero de 2014, el precio de contratación de las potencias que se proponen es de 18770.56 €. Valor que supone un incremento de 4192.14 € respecto al precio asociado a los contratos de potencias de la

situación inicial, cuyo importe es de 14578.42 €. Sin embargo, esta medida lleva consigo la elusión de las penalizaciones por exceso de potencia que se prevén para las próximas campañas, como se justifica a continuación.

Considerando únicamente los resultados de la simulación del periodo elegido, el año 2011, resulta suficiente con un contrato de potencia de: P1=20kW, P2=20kW, P3=20kW, P4=20kW, P5= 20kW y P6=1000kW; es decir, un contrato de potencias para funcionamiento sólo en periodo P6 Valle. Se puede apreciar en la Tabla 35 cómo se ajusta esta medida a los datos de operación del grupo de bombeo de Pla de L'Aljup para los requerimientos del año 2011. Sin embargo, en previsión de futuras campañas que comporten mayores demandas hídricas en las redes, como sucede en la campaña 2012 (cuya información de las necesidades de riego de los cultivos se presenta en el ANEXO V. CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO), se considera conveniente dotar a la instalación de un margen de seguridad aumentando la potencia contratada para los periodos P2 y P3 hasta el valor de 320 kW de potencia.

Esto es así porque las horas del periodo P6 ofrecen un margen estrecho para los meses de Julio y Septiembre del ejercicio 2011. Y en campañas de mayores necesidades hídricas podría ser necesario bombear en estos periodos P2 y P3. A continuación se presenta la justificación de la presente propuesta.

El mes de mayores necesidades de agua en la red del Sector IV es el de Agosto, seguido de Julio y Septiembre (Tabla 65). Se puede comprobar en la Tabla 3 (tarifas 6.1) que son estos dos últimos los meses críticos a la hora de establecer horarios de funcionamiento de la Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup, pues éstos sólo cuentan con 8 horas diarias de tarifas valle (P6), excepto sábados y domingos en que la tarifa valle ocupa el día completo.

Considerando lo anterior, se puede afirmar que se cuenta para los meses de Julio y Septiembre con un total de 352 horas mensuales de periodo P6.

$$4 \times (8h \times 5 + 24h \times 2) = 352 \text{ horas mensuales}$$

Para el mes de Julio de 2011, se requiere en la Toma de Pla de L'Aljup de un bombeo de un volumen de 881537,04 m<sup>3</sup> de agua. Lo cual comporta 8,97 horas diarias de bombeo, funcionando la instalación a capacidad máxima.

$$\frac{881537,04 \text{ m}^3}{3510 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 251,15 \text{ horas mensuales} = 8,97 \text{ horas diarias}$$

Considerando un reparto de las 8,97 horas diarias necesarias de bombeo dentro de un horario de 00h a 08h de Lunes a Viernes (y 24 h en fin de semana), se concluye que no queda suficiente margen de seguridad si se limitan los bombeos a las horas de periodo P6. Se considera, además los condicionantes en cuanto al horario en que se hacen efectivas las concesiones de agua en el Canal Júcar-Turia. Por lo que es conveniente tener diferentes alternativas horarias para las tomas.

Para el mes de Septiembre de 2011, se requiere en la Toma de Pla de L'Aljup de un bombeo de un volumen de 669962,40 m<sup>3</sup> de agua. Lo cual comporta 6,82 horas diarias de bombeo.

$$\frac{669962,40 \text{ m}^3}{3510 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 190,87 \text{ horas mensuales} = 6,82 \text{ horas diarias}$$

El escaso margen de seguridad que ofrecen los datos para los meses de Julio y Septiembre en caso de contratar potencia únicamente en periodo P6 podría hacer que la instalación no esté preparada en estos meses para años de mayores necesidades hídricas.

#### 4.3.2 Estación de Bombeo de La Serra

Como se indica en la Tabla 17, el funcionamiento de la Estación de Bombeo de La Serra se ciñe únicamente al periodo P6 Valle, y se emplean las 2 bombas de 90 Kw juntas para todos los periodos de la simulación. En base a esta información, se presentan en la Tabla 37 las potencias propuestas para esta instalación frente a las potencias contratadas a la compañía eléctrica, para cada periodo horario.

Potencias Contratadas (kW)			Potencias Propuestas (kW)		
Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
10	180	180	10	10	180

Tabla 37. Potencias contratadas para la instalación de la Est. Bombeo La Serra, y potencias propuestas.

Tal y como indica la Tabla 37, se propone una reducción de la potencia contratada en el periodo de tarifa Llano de 180 kW a 10 kW. Esta modificación implica una reducción del importe asociado a la potencia contratada desde 8668.63 € a 2463.58 €, lo que supone un ahorro de 6205.05 €.

A diferencia de lo que ocurre en la Estación de Bombeo de Pla de L'Aljup que se rige según la tarifa 6.1, en la Estación de Bombeo de La Serra es Agosto el mes más desfavorable a la hora de establecer la potencia contratada. Esto es debido a la distribución anual más homogénea de horarios de la tarifa 3.1 asociada a la presente instalación. En esta distribución los meses de mayores necesidades hídricas, Agosto, Julio y Septiembre, son iguales en lo relativo a periodos horarios según la tarifa. Y es Agosto el mes en el que se bombea un mayor volumen de agua (ver Tabla 18), con 191412.59 m<sup>3</sup> bombeados. Este volumen de agua bombeada implica 192 horas de funcionamiento de la Estación de Bombeo de La Serra, lo que equivale a 6,84 horas al día bombeando.

$$\frac{191412.59 \text{ m}^3}{1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 191,41 \text{ horas mensuales} = 6,84 \text{ horas diarias}$$

En el caso de la Estación de Bombeo de La Serra no existen restricciones que obliguen a tener diferentes alternativas horarias contratadas, puesto que no se trata de una toma en el Canal Júcar-Turia, como es el caso de la Estación de Bombeo de la Toma de Pla de L'Aljup, condicionada por los horarios de las concesiones. Esta flexibilidad diaria permite poner en valor a escala semanal las horas requeridas de bombeo para el caso más desfavorable, Agosto: 47.90 horas, frente a las 88 horas semanales que se tienen de periodo Valle en la tarifa 3.1. Se concluye que con la contratación de potencia únicamente para el periodo Valle se garantiza con un margen amplio el adecuado funcionamiento de la instalación, y se puede reducir la potencia contratada en el periodo Llano de 180 kW a 10 kW.

#### 4.3.3 Estación de Bombeo Clot de L'Hedra

Los registros de facturas de la Estación de Bombeo de Clot de L'Hedra incluyen también las potencias contratadas para las bombas de extracción de un pozo situado próximo, con el cual comparte instalación. Dado que el pozo es ajeno al alcance del presente trabajo, y por



no tener información aislada sobre las potencias contratadas únicamente para la Estación de Bombeo de Elevación de Clot de L'Hedra, no se ha podido realizar un análisis contrastando los datos de potencias que arroja la simulación con los datos que se encuentran en las mencionadas facturas.

Se presentan en la Tabla 38 las potencias contratadas para la instalación completa (Estación de Bombeo Clot de L'Hedra y Pozo).

Potencias Contratadas (kW)		
Punta	Llano	Valle
10	256	256

Tabla 38. Potencias contratadas Estación de Bombeo Clot de L'Hedra y pozo de extracción. Año 2011

## 5 CONCLUSIONES

Las propuestas que se exponen en el presente trabajo para la mejora de la eficiencia energética de la red del Sector IV han aportado soluciones operativas que podrían mejorar considerablemente el rendimiento de la red estudiada. Se tienen valores de reducción del consumo energético específico, CEVTP ( $\text{kW h/m}^3$ ), del orden del 30% para los cabezales L'Almud y La Serra, y del 25% para el cabezal Pi Elevación. Estos resultados suponen un ahorro en los consumos energéticos anuales para cada una de estas instalaciones superior al 20%.

Estas mejoras son de aplicabilidad operativa y cabe destacar que su implementación consiste en una modificación en la programación de riego y en las condiciones de funcionamiento de determinadas instalaciones del sistema.

Las propuestas de mejora se han realizado esencialmente a través de tres factores. Por un lado se ha abordado una revisión en los horarios de riego, y luego se han presentado propuestas que minimizan el consumo energético de la red reduciendo las alturas de bombeo en determinados equipos. En todos los casos se ha cumplido que la presión mínima en hidrantes sea de 20 m.c.a. Y demás de lo anterior, se ha constatado mediante el estudio de los registros de potencias contratadas para el periodo de la simulación que cabe un margen de mejora en esta materia, habiéndose propuesto unos valores más adecuados.

### 5.1 Propuesta de optimización de los turnos de riego

Considerando criterios únicamente energéticos, cuando el riego es realizado por gravedad desde el cabezal, la distribución del agua se puede realizar a la demanda, durante las 24 horas del día. Y es así como funcionan todos los cabezales de riego por gravedad de la red del Sector IV, excepto el cabezal de Pi Gravedad. De esta forma, dentro de cada jornada de riego se agrupan libremente las superficies de las parcelas.

En cambio, si el riego es realizado después de una presurización por grupo de bombeo en el cabezal, lo deseable es que la jornada quede reducida a las horas de menor coste energético. Pero esto no se cumple en la mayor parte de los casos en la red del Sector-IV,

debido a que la creación de sus infraestructuras se ejecutó antes que los estudios para su ordenación.

Lo deseable, es que la programación en cuanto al horario de aplicación en cada uno de los cabezales de riego esté marcada por la máxima eficiencia en el uso de energía eléctrica. De tal manera los cabezales que no necesitan de la presurización adicional puedan abarcar todo el día para el riego y los cabezales con bombeo tienen las restricciones de las horas de mayor coste energético.

De acuerdo con la propuesta realizada en el presente trabajo para el cabezal Pi Elevación, el riego de los puntos de estas redes que necesitan presurización adicional se ve interrumpido en las horas con mayor coste económico, horas punta, tratando de programar las zonas con mayor necesidad energética para las horas de menor coste, horas valle.

## **5.2 Propuesta de cambio presiones de consigna**

Excepto en el caso del Cabezal Caseta Carrillo, los cabezales de riego de la zona sur del Sector IV que funcionan por medio de un grupo de bombeo están trabajando con unas presiones de consigna superiores a las necesarias. Esto supone un mayor consumo energético por requerir una mayor potencia de bombeo.

Las presiones necesarias en cabezales se han estimado siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 3.3.2; sus valores se pueden ver en la Tabla 13 del presente trabajo.

La reducción de las presiones de consigna en los cabezales L'Almud, La Serra y Pi Elevación, unido a la modificación en la gestión horaria del funcionamiento de este último, suponen un ahorro energético global para la campaña anual de 2011 de 28548.85 kW h. Valor que implica un ahorro del 16.22% del consumo energético anual de los cabezales del subsector Sur, Sector-IV; y un 1.31% del consumo anual de la red del subsector Sur, Sector IV, para el año 2011.

### **5.3 Propuesta de modificación de las potencias contratadas**

Tal y como se desarrolla en el capítulo anterior, no existe una correspondencia exhaustiva entre las potencias contratadas y los datos de las máximas registradas en la simulación. Por esto, después de un estudio de los registros históricos de facturación energéticos, y siempre estando del lado de la seguridad, se proponen una serie de cambios en las potencias contratadas proponiendo unos valores más acordes con el funcionamiento de la red.

El ahorro económico en términos anuales que se produce por la implementación de las propuestas de cambio en las potencias contratadas es de 2012.91 €.

## 6 REFERENCIAS

Abadia, R., Rocamora, C., Ruiz, A., Puerto, H., 2008. Energy efficiency in irrigation distribution networks I: Theory. *Biosystems Eng.* 101 (1), 21-27.

Antonio Ruiz Canales, José Miguel Molina Martínez Automatización y telecontrol de sistemas de riego.

Allen R. G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, Italy.

Corominas, J., 2010. Agua y Energía en el riego en la época de la Sostenibilidad. *Ingeniería del Agua* 17 (3), 219-233.

IDAE, 2008. Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio Madrid, Spain.

Jackson, T.M., Khan, S., Hafeez, M., 2010. A comparative analysis of water application and energy consumption at the irrigated field level. *Agric. Water Manage.* 97,1477–1485.

Labye, Y., Olson, M.A., Galand, A., Tsourtis, N., 1988. Design and optimisation of irrigation distribution network. In: *Irrigation and Drainage Paper 44*. FAO, Rome.

Lansey, K.E., Mays, L.W., 1989. Optimization model for water distribution system design. *J. Hydraul. Eng.* 115, 1401–1418.

Lamaddalena, N., Sagardoy, J.A., 2000. Performance analysis of on demand pressurized irrigation systems. In: *Proceedings of FAO Irrigation and Drainage*, Rome.

Lamaddalena, N., Khila, S., 2013. Efficiency-driven pumping station regulation in on-demand irrigation systems. *Irrig. Sci.* 31, 395–410.

López-Pérez E., Jiménez-Bello M.A., Manzano J., Palau V., Royuela Á., Intrigliolo D. S. (2012): Irrigation performance in a Water User Association in Valencia, Spain. *International conference of agricultural engineering cigr-ageng 2012*.

Planells, P., Carrión, P.A., Ortega, J.F., Moreno, M.A., Tarjuelo, J.M., 2005. Pumping selection and regulation for water distribution networks. J. Irrig. Drain. Eng. 131(3), 273–281.

Planells, P., Ortega, J.F., Tarjuelo, J.M., 2007. Optimization of irrigation water distribution networks, layout included. Agric. Water Manage. 88 (1), 110–118.

Theocharis, M.E., Tzimopoulos Ch.D., Yannopoulos, S.I., Sakellariou-Makrantonaki, M.A., 2006. Design of optimal irrigation networks. Irrig. Drain. 55 (1), 21–32.

## 7 ANEXO I. DEMANDAS MENSUALES Y DIARIAS DE LOS CABEZALES DE RIEGO

### 7.1 Demandas en Cabezales Zona Cotino, Subsector Sur.

				Cabezal Morred-1		Cabezal Morred-2	
				169	Has total	125	Has total
				111.05	Has regadas	88.84	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	84686.39	3024.51	67749.19	2419.61
Oct.	28.0	16.0	1154.50	53417.42	1907.76	42733.98	1526.21
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	23601.29	842.90	18881.06	674.32
Ene	28.0	8.0	322.99	14944.38	533.73	11955.52	426.98
Feb	28.0	8.0	938.95	43444.16	1551.58	34755.37	1241.26
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	36536.68	1304.88	29229.38	1043.91
Mayo	28.0	16.0	1025.83	47464.00	1695.14	37971.25	1356.12
Junio	28.0	20.0	2084.34	96440.07	3444.29	77152.15	2755.43
Julio	28.0	24.0	2407.93	111412.22	3979.01	89129.88	3183.21
Agosto	28.0	24.0	2657.54	122961.39	4391.48	98369.23	3513.19
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				634908.00		507927.00	

Tabla 39. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Morredondo I y II.

				Cabezal Morred-3		Cabezal LaSerra	
				125	Has total	116	Has total
				79.83	Has regadas	81.14	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	60880.33	2174.30	61878.31	2209.94
Oct.	28.0	16.0	1154.50	38401.33	1371.48	39030.82	1393.96
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	16966.77	605.96	17244.90	615.89
Ene	28.0	8.0	322.99	10743.39	383.69	10919.50	389.98
Feb	28.0	8.0	938.95	31231.64	1115.42	31743.60	1133.70
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	26265.91	938.07	26696.47	953.45
Mayo	28.0	16.0	1025.83	34121.47	1218.62	34680.80	1238.60
Junio	28.0	20.0	2084.34	69329.95	2476.07	70466.44	2516.66
Julio	28.0	24.0	2407.93	80093.30	2860.48	81406.23	2907.37
Agosto	28.0	24.0	2657.54	88395.90	3157.00	89844.93	3208.75
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				456430.00		463912.00	

Tabla 40. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Morredondo III y La Serra.



				Cabezal l'Almud		Cabezal Cotino	
Cabezales demanda		Cabezales por Sectores		125	Has total	45	Has total
				91.72	Has regadas	32.98	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	69952.02	2498.29	25153.90	898.35
Oct.	28.0	16.0	1154.50	44123.46	1575.84	15866.26	566.65
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	19494.96	696.25	7010.15	250.36
Ene	28.0	8.0	322.99	12344.25	440.87	4438.84	158.53
Feb	28.0	8.0	938.95	35885.42	1281.62	12903.96	460.86
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	30179.76	1077.85	10852.28	387.58
Mayo	28.0	16.0	1025.83	39205.86	1400.21	14097.95	503.50
Junio	28.0	20.0	2084.34	79660.71	2845.03	28645.03	1023.04
Julio	28.0	24.0	2407.93	92027.89	3286.71	33092.12	1181.86
Agosto	28.0	24.0	2657.54	101567.66	3627.42	36522.50	1304.38
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				524442.00		188583.00	

Tabla 41. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. l'Almud y Cotino.

				Cabezal Momberri		Cabezal Progreso	
				18	Has total	133	Has total
				16.33	Has regadas	92.48	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	12454.97	444.82	70528.24	2518.87
Oct.	28.0	16.0	1154.50	7856.19	280.58	44486.92	1588.82
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	3471.08	123.97	19655.55	701.98
Ene	28.0	8.0	322.99	2197.90	78.50	12445.93	444.50
Feb	28.0	8.0	938.95	6389.41	228.19	36181.02	1292.18
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	5373.51	191.91	30428.36	1086.73
Mayo	28.0	16.0	1025.83	6980.61	249.31	39528.81	1411.74
Junio	28.0	20.0	2084.34	14183.61	506.56	80316.90	2868.46
Julio	28.0	24.0	2407.93	16385.58	585.20	92785.96	3313.78
Agosto	28.0	24.0	2657.54	18084.14	645.86	102404.30	3657.30
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				93377.00		528762.00	

Tabla 42. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Momberri y Progreso.

				Cabezal Pi Elevación		Cabezal Pi Gravedad	
Cabezales demanda		Cabezales por Sectores		58	Has total	83	Has total
				41.34	Has regadas	48.41	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	31528.18	1576.41	36921.95	1846.10
Oct.	28.0	16.0	1154.50	19886.95	1242.93	23289.16	1455.57
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	8786.60	2196.65	10289.80	2572.45
Ene	28.0	8.0	322.99	5563.69	695.46	6515.52	814.44
Feb	28.0	8.0	938.95	16173.97	2021.75	18940.98	2367.62
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	13602.36	1133.53	15929.42	1327.45
Mayo	28.0	16.0	1025.83	17670.53	1104.41	20693.57	1293.35
Junio	28.0	20.0	2084.34	35903.99	1795.20	42046.37	2102.32
Julio	28.0	24.0	2407.93	41478.02	1728.25	48573.99	2023.92
Agosto	28.0	24.0	2657.54	45777.70	1907.40	53609.25	2233.72
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				236372.00		276810.00	

Tabla 43. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Pi Elevación y Pi Gravedad

				Cabezal Carrillo	
				216	Has total
				194.37	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	148228.92	5293.89
Oct.	28.0	16.0	1154.50	93497.98	3339.21
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	41309.99	1475.36
Ene	28.0	8.0	322.99	26157.57	934.20
Feb	28.0	8.0	938.95	76041.52	2715.77
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	63951.16	2283.97
Mayo	28.0	16.0	1025.83	83077.55	2967.06
Junio	28.0	20.0	2084.34	168801.72	6028.63
Julio	28.0	24.0	2407.93	195007.88	6964.57
Agosto	28.0	24.0	2657.54	215222.72	7686.53
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				1111297.00	

Tabla 44. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Cabezal Carrillo

## 7.2 Demandas en cabezales ramal Creueta, Subsector Centro.

				Cabezal AiguaSala	
Cabezales demanda		Cabezales por Sectores		370	Has total
				195.59	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	149163.67	5327.27
Oct.	28.0	16.0	1154.50	94087.59	3360.27
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	41570.50	1484.66
Ene	28.0	8.0	322.99	26322.52	940.09
Feb	28.0	8.0	938.95	76521.04	2732.89
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	64354.45	2298.37
Mayo	28.0	16.0	1025.83	83601.45	2985.77
Junio	28.0	20.0	2084.34	169866.20	6066.65
Julio	28.0	24.0	2407.93	196237.62	7008.49
Agosto	28.0	24.0	2657.54	216579.94	7735.00
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				1118305.00	

Tabla 45. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Cabezal Aigua Salà.

### 7.3 Demandas en cabezales Subsector Norte, Sagrada Familia.

				Cabezal SagFamilia		Cabezal SanRafael	
				208	Has total	166	Has total
				115.51	Has regadas	127.92	Has regadas
				Demanda (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )	
Mes	Días de riego	Días de riego	Ltrs/planta	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Sept.	28.0	20.0	1830.31	88090.74	3146.10	97558.72	3484.24
Oct.	28.0	16.0	1154.50	55564.77	1984.46	61536.86	2197.75
Nov.	28.0	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	28.0	4.0	510.09	24550.05	876.79	27188.69	971.02
Ene	28.0	8.0	322.99	15545.14	555.18	17215.93	614.85
Feb	28.0	8.0	938.95	45190.60	1613.95	50047.67	1787.42
Marzo	28.0	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	28.0	12.0	789.66	38005.44	1357.34	42090.26	1503.22
Mayo	28.0	16.0	1025.83	49372.03	1763.29	54678.53	1952.80
Junio	28.0	20.0	2084.34	100316.91	3582.75	111098.96	3967.82
Julio	28.0	24.0	2407.93	115890.93	4138.96	128346.87	4583.82
Agosto	28.0	24.0	2657.54	127904.38	4568.01	141651.52	5058.98
Volumen anual (m <sup>3</sup> ):				660431.00		731414.00	

Tabla 46. Demanda mensual y diaria en cabezales año 2011. Cabezales Sag. Familia y San Rafael (Subsector Norte)

## 7.4 Demandas mensuales segregadas por estaciones de bombeo

Volúmenes mensuales (m <sup>3</sup> )	COTINO (Pla de L'Aljup)	LA SERRA	CLOT L'HEDRA
Septiembre	669962.39	131830.33	68450.12
Octubre	422590.48	83154.28	43176.11
Noviembre	0.00	0.00	0.00
Diciembre	186712.15	36739.86	19076.40
Enero	118226.50	23263.75	12079.21
Febrero	343691.06	67629.03	35114.95
Marzo	0.00	0.00	0.00
Abril	289045.30	56876.23	29531.79
Mayo	375492.41	73886.67	38364.10
Junio	762946.93	150127.15	77950.36
Julio	881393.06	173434.12	90052.01
Agosto	972759.72	191412.59	99386.95

Tabla 47. Demandas mensuales en los ramales asociados a las estaciones de bombeo del Sector IV subsector sur

## 8 ANEXO II. DATOS DE PARTIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED PARA LA CONFECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

### 8.1 Demandas y patrones de consumo de los cabezales de riego

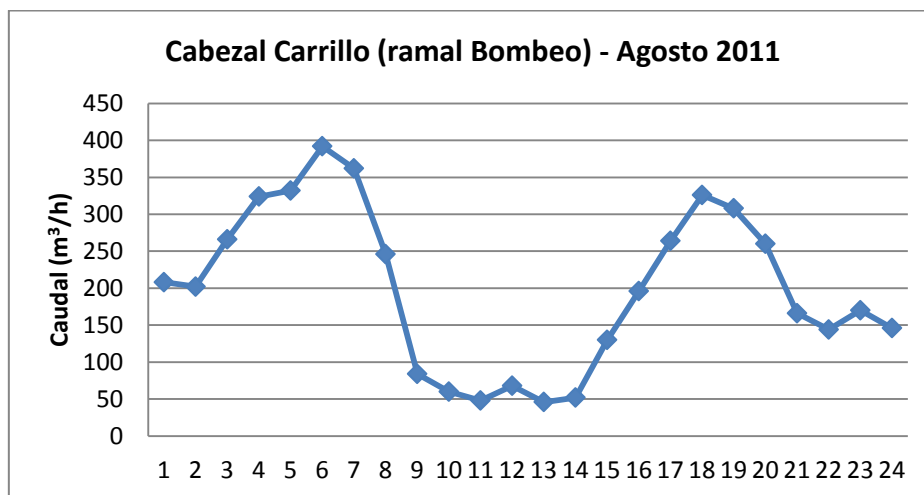


Figura 16. Distribución de caudales en cabezal Carrillo (ramal bombeo). Agosto 2011

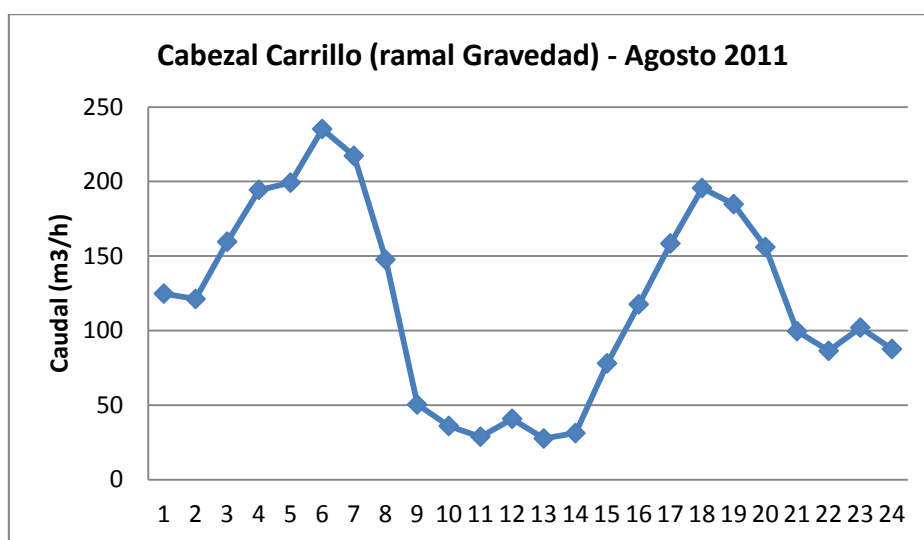


Figura 17. Distribución de caudales en cabezal Carrillo (ramal gravedad). Agosto 2011



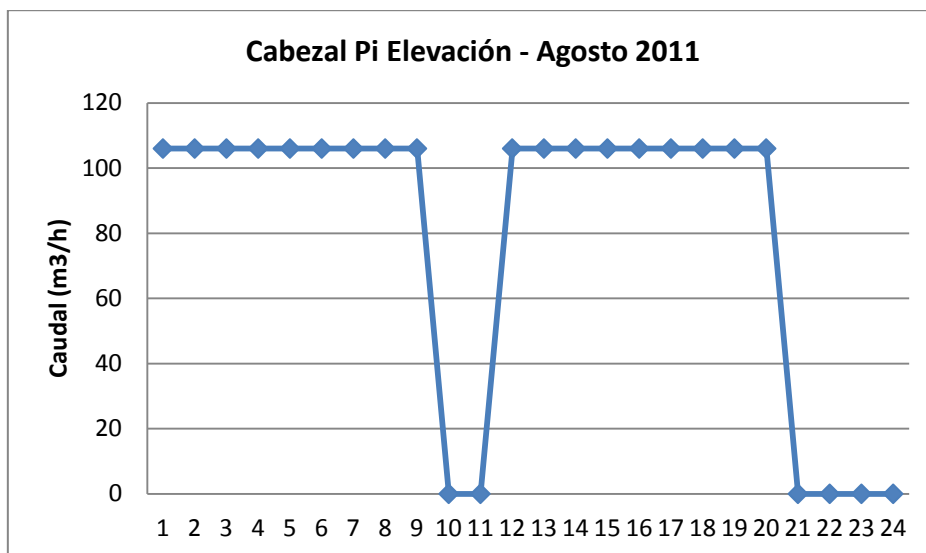


Figura 18. Distribución de caudales en cabezal Pi Elevación. Agosto 2011

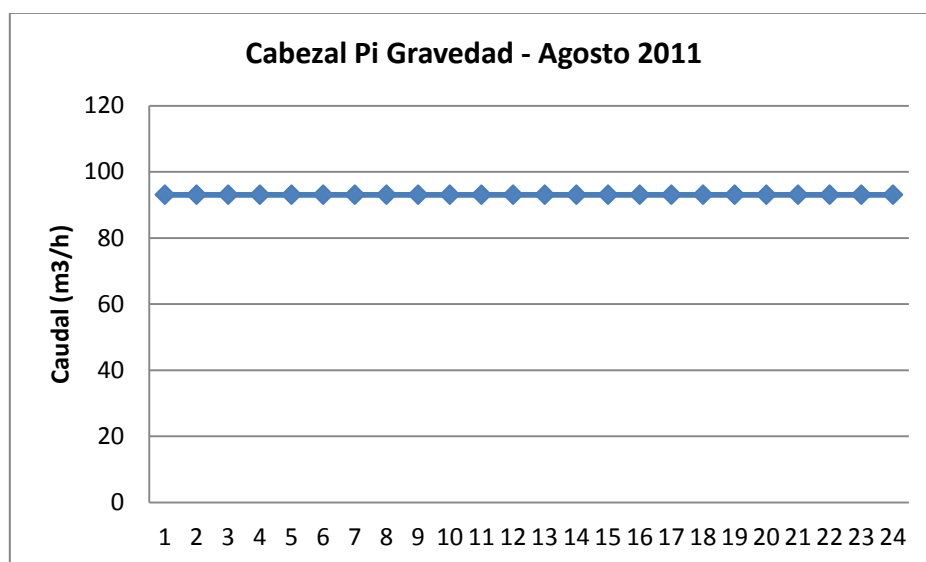


Figura 19. Distribución de caudales en cabezal Pi Gravedad. Agosto 2011

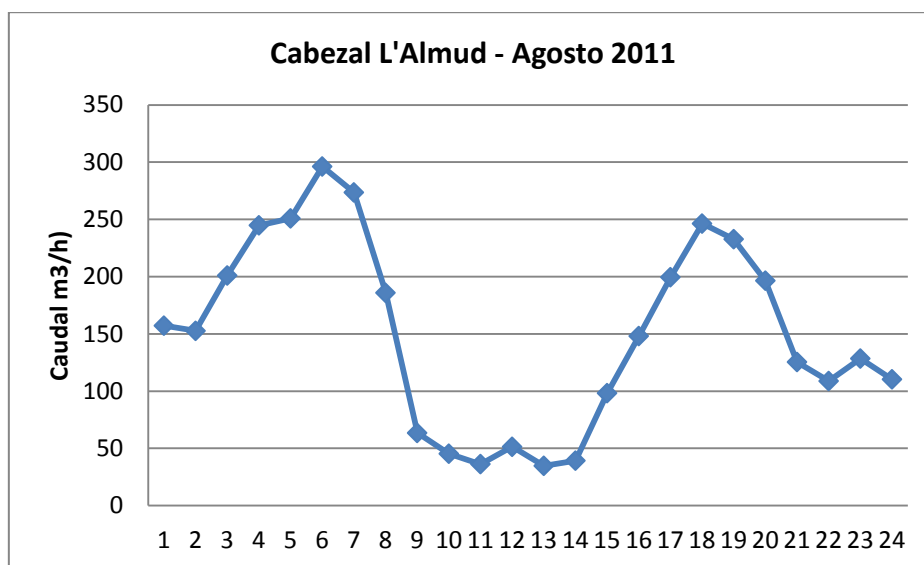


Figura 20. Distribución de caudales en cabezal L'Almud. Agosto 2011

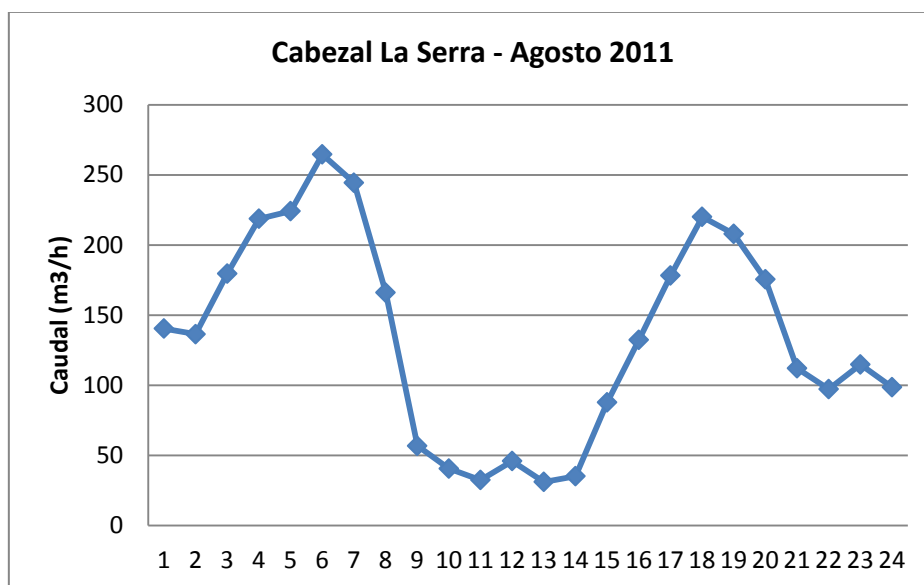


Figura 21. Distribución de caudales en cabezal La Serra. Agosto 2011

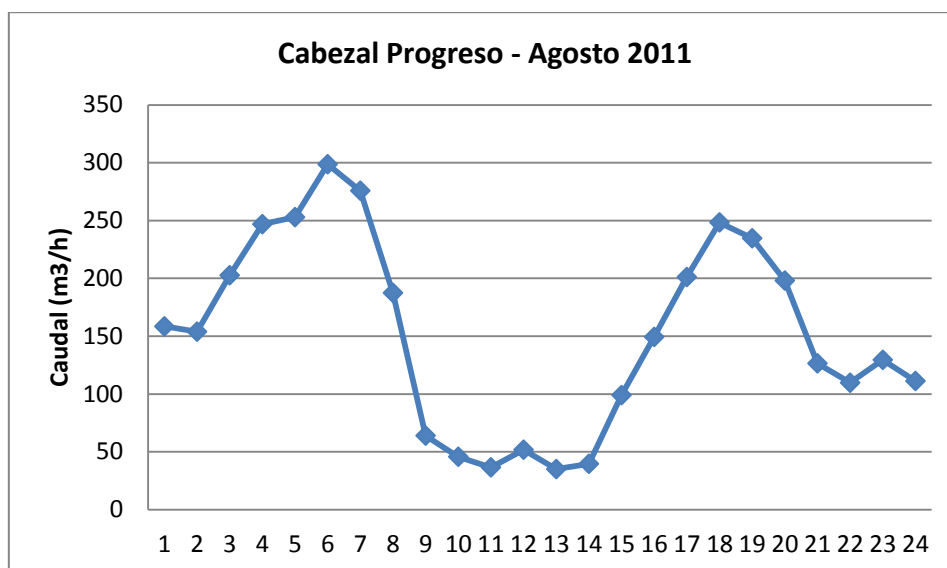


Figura 22. Distribución de caudales en cabezal Progreso. Agosto 2011

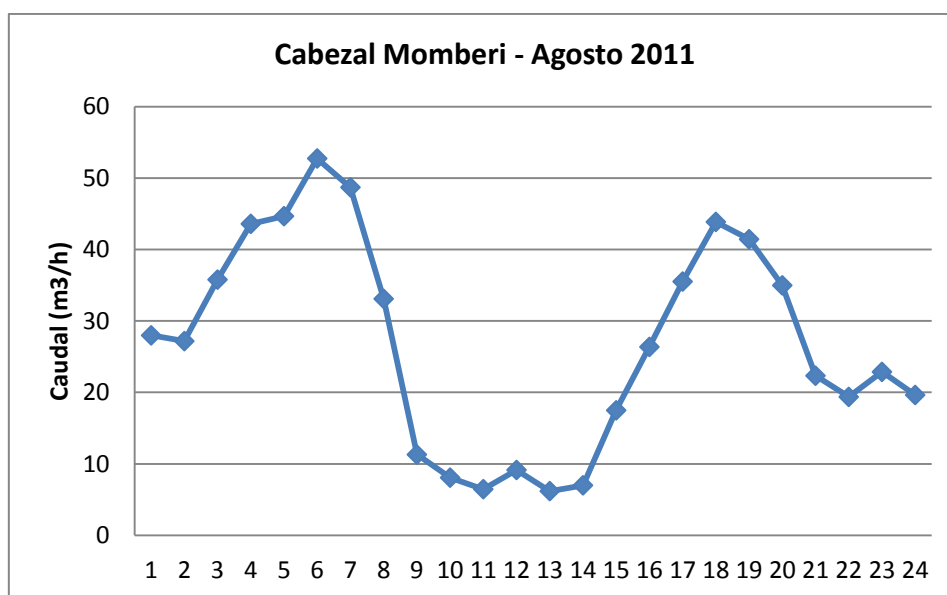


Figura 23. Distribución de caudales en cabezal Momberri. Agosto 2011

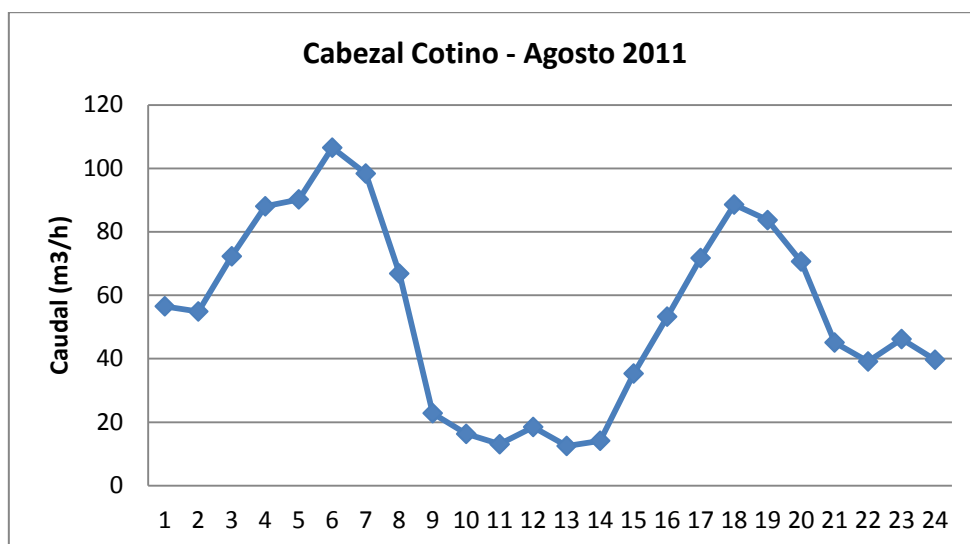


Figura 24. Distribución de caudales en cabezal Cotino. Agosto 2011

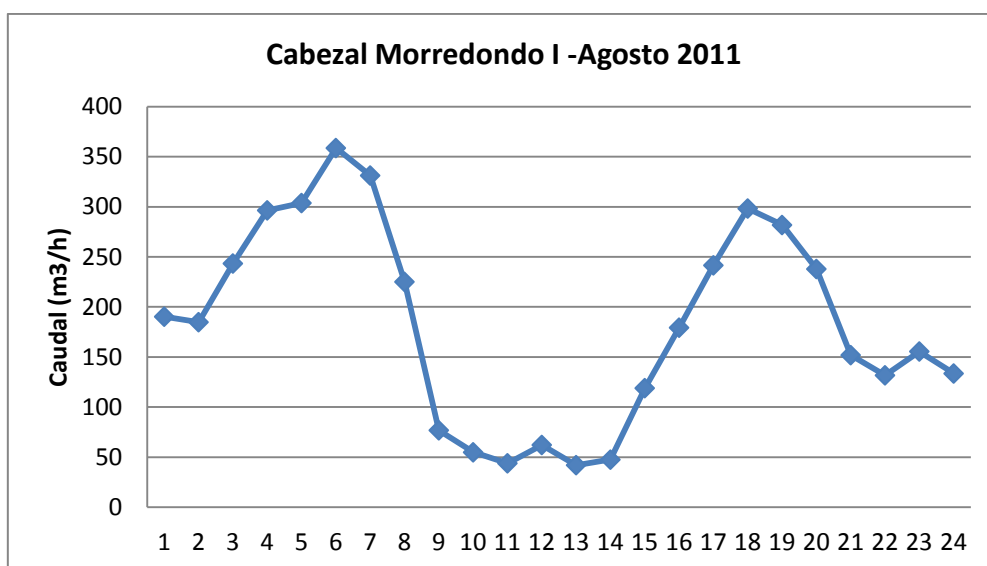


Figura 25. Distribución de caudales en cabezal Morredondo I. Agosto 2011

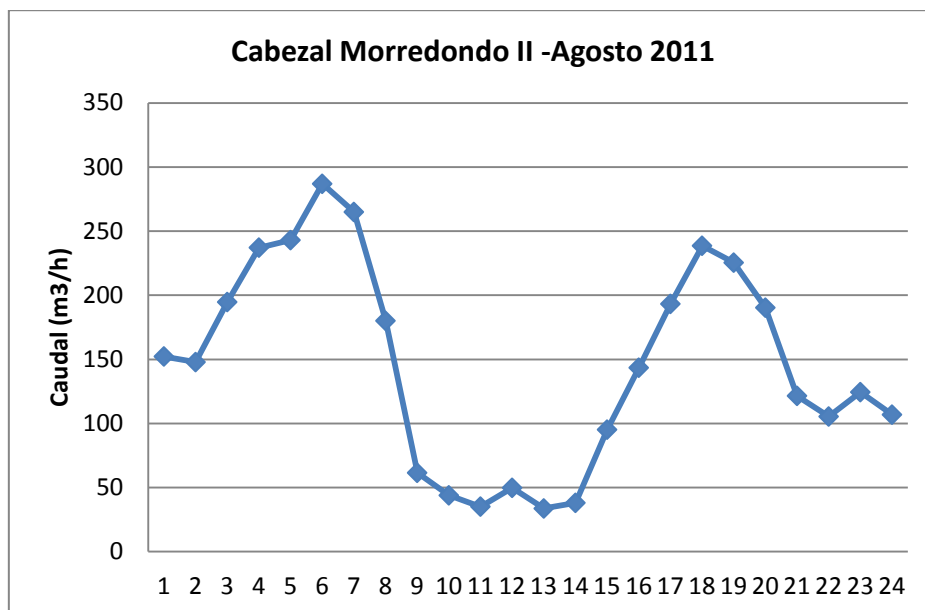


Figura 26. Distribución de caudales en cabezal Morredondo II. Agosto 2011

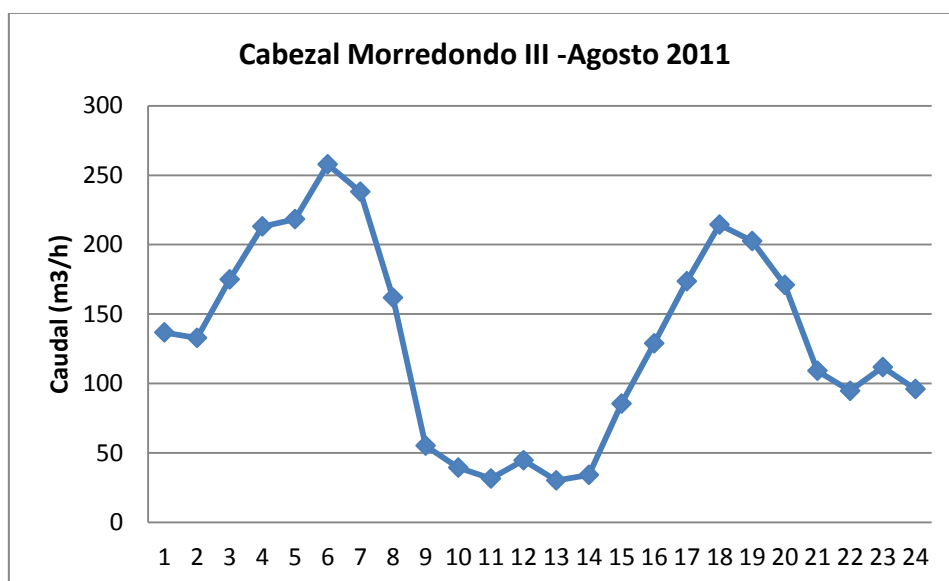


Figura 27. Distribución de caudales en cabezal Morredondo III. Agosto 2011

## 8.2 Características de las estaciones de bombeo

Instalación	E.B. Pla de L'Aljup
Características Instalación	5 Bombas x 355 Kw
Bombas Funcionando	2 (+1) x 355 Kw;
Detalles: Fabricante	ERCO MARELLI
Detalles: Modelo	PDH-700-110
Caudal, Q (m <sup>3</sup> /h)	1170
Altura, h (m)	78
Caudal total instalación (m <sup>3</sup> /h)	3510
Regulación	No
Capacidad Balsas (m <sup>3</sup> )	50.000
Altitud	69 msnm

Tabla 48. Características Estación de Bombeo Pla de L'Aljup

Instalación	E.B. La Serra
Características Instalación	2 Bombas de 90 Kw
Bombas Funcionando	2 x 90 Kw
Detalles: Fabricante	ERCO MARELLI
Detalles: Modelo	PDH-530-45
Caudal, Q (m <sup>3</sup> /h)	500
Altura, h (m)	70
Caudal total instalación (m <sup>3</sup> /h)	1000
Regulación	No
Capacidad Balsas (m <sup>3</sup> )	12.000
Altitud	139 msnm

Tabla 49. Características Estación de Bombeo Pla de La Serra

Instalación	E.B. Clot de L'Hedra
Características Instalación	2 Bombas x 90 Kw
Bombas Funcionando	1 (+1) x 90 Kw
Detalles: Fabricante	ERCO MARELLI
Detalles: Modelo	PDH-C
Caudal, Q (m <sup>3</sup> /h)	270
Altura, h (m)	79
Caudal total instalación (m <sup>3</sup> /h)	540
Regulación	No
Capacidad Balsas (m <sup>3</sup> )	10.000
Altitud	125 msnm

Tabla 50. Características Estación de Bombeo Clot de L'Hedra

Instalación	E.B. La Creueta
Características Instalación	3 Bombas (2 x 160Kw y 1 x 125 Kw)
Bombas Funcionando	1 x 160 Kw + 1 x 125 Kw;
Detalles: Fabricante	ERCO MARELLI
Detalles: Modelo	PDH-530-45; PDH-320-70
Caudal, Q (m <sup>3</sup> /h)	450 + 130
Altura, h (m)	50
Caudal total instalación (m <sup>3</sup> /h)	580
Regulación	No
Capacidad Balsas (m <sup>3</sup> )	12.000
Altitud	70 msnm

Tabla 51. Características Estación de Bombeo La Creueta

Instalación	E.B. Sagrada Familia
Características Instalación	3 Bombas x 185 Kw
Bombas Funcionando	2 x 185 Kw
Detalles: Fabricante	ERCO MARELLI
Detalles: Modelo	PDH-700-110
Caudal, Q (m <sup>3</sup> /h)	450
Altura, h (m)	79/106
Caudal total instalación (m <sup>3</sup> /h)	900
Regulación	No
Capacidad Balsas (m <sup>3</sup> )	15.000
Altitud	65 msnm

Tabla 52. Características Estación de Bombeo Sagrada Familia

### 8.3 Características de los cabezales de riego

Cabezal	La Serra
Características Instalación	3 bombas de 30 kW
Bombas Funcionando	1 x 30 kW
Caudal (Q (m <sup>3</sup> /h)	145
Altura, h (m)	38
Regulación	Variador de Frecuencia

Tabla 53. Características instalación cabezal La Serra. Subsector Sur, Sector IV

Cabezal	L'Almud
Características Instalación	3 bombas de 35 kW
Bombas Funcionando	2 x 35 kW
Caudal (Q (m <sup>3</sup> /h)	170
Altura, h (m)	35
Regulación	Variador de Frecuencia

Tabla 54. Características instalación cabezal L'Almud. Subsector Sur, Sector IV



Cabezal	Pi Elevación
Características Instalación	3 bombas de 37 kW
Bombas Funcionando	1 x 35 kW
Caudal (Q (m <sup>3</sup> /h))	105
Altura, h (m)	67
Regulación	Variador de Frecuencia

Tabla 55. Características instalación cabezal Pi Elevación. Subsector Sur, Sector IV

Cabezal	Caseta Carrillo
Características Instalación	3 Bombas (2 x 15kW; 1 x 18.5kW)
Bombas Funcionando	2 x 15 kW
Caudal (Q (m <sup>3</sup> /h))	224
Altura, h (m)	18
Regulación	Variador de Frecuencia

Tabla 56. Características instalación cabezal Caseta Carrillo. Subsector Sur, Sector IV

## 9 ANEXO III. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN. INDICADORES ENERGÉTICOS

### 9.1 Escenario situación inicial

#### 9.1.1 Enero 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	7.74	0.27	<b>319.34</b>
Bomba2_PlaAljup	7.74	0.27	<b>319.34</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>		<b>0.27</b>	<b>638.68</b>
EBLaSerra1	3.57	0.22	<b>111.85</b>
EBLaSerra2	3.57	0.22	<b>111.85</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>223.7</b>
Bombeo_CloteHedra	6.55	0.27	<b>73.36</b>
Bombeo2_CloteHedra	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Clote de L'Hedra</b>		<b>0.27</b>	<b>73.36</b>
Bomba1_CabezaL_Carrillo	100	0.07	<b>3.27</b>
Bomba2_CabezaL_Carrillo	100	0.07	<b>3.27</b>
<b>CabezaL de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>6.54</b>
Bomba1_CabezaL_Almud	100	0.13	<b>2.39</b>
Bomba2_CabezaL_Almud	100	0.13	<b>2.39</b>
<b>CabezaL de Riego L'Almud</b>		<b>0.13</b>	<b>4.78</b>
<b>Bomba_CabezaL_LaSerra</b>	100	<b>0.13</b>	<b>4.13</b>
<b>Bomba_CabezaL_PiElevación</b>	21.43	<b>0.27</b>	<b>2.58</b>

Tabla 57. Resultados indicadores energéticos. Situación inicial. Enero

### 9.1.2 Abril 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	18.45	0.27	<b>319.34</b>
Bomba2_PlaAljup	18.45	0.27	<b>319.34</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>			<b>638.68</b>
EBLaSerra1	8.93	0.22	<b>111.95</b>
EBLaSerra2	8.93	0.22	<b>111.95</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>223.9</b>
Bombeo_CloteHedra	16.07	0.26	<b>73.36</b>
Bombeo2_CloteHedra	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Clote de L'Hedra</b>		<b>0.26</b>	<b>73.36</b>
Bomba1_CabezaL_Carrillo	100	0.07	<b>4.71</b>
Bomba2_CabezaL_Carrillo	100	0.07	<b>4.71</b>
<b>CabezaL de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>9.42</b>
Bomba1_CabezaL_Almud	100	0.14	<b>7.68</b>
Bomba2_CabezaL_Almud	100	0.14	<b>7.68</b>
<b>CabezaL de Riego L'Almud</b>		<b>0.14</b>	<b>15.36</b>
<b>Bomba_CabezaL_LaSerra</b>	100	<b>0.13</b>	<b>10.39</b>
<b>Bomba_CabezaL_PiElevación</b>	32.14	<b>0.27</b>	<b>4.19</b>

Tabla 58. Resultados indicadores energéticos. Situación inicial. Abril

### 9.1.3 Agosto 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
Bomba2_PlaAljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>		<b>0.27</b>	<b>954.69</b>
EBLaSerra1	28.57	0.22	<b>112.14</b>
EBLaSerra2	28.57	0.22	<b>112.14</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>224.28</b>
Bombeo_CloteHedra	26.79	0.26	<b>73.36</b>
Bombeo2_CloteHedra	26.79	0.26	<b>73.36</b>
<b>Est. Bombeo Clot de L'Hedra</b>		<b>0.26</b>	<b>146.72</b>
Bomba1_Cabecal_Carrillo	100	0.07	<b>14.18</b>
Bomba2_Cabecal_Carrillo	100	0.07	<b>14.18</b>
<b>Cabecal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>28.36</b>
Bomba1_Cabecal_Almod	100	0.12	<b>16.14</b>
Bomba2_Cabecal_Almod	100	0.12	<b>16.14</b>
<b>Cabecal de Riego L'Almod</b>		<b>0.12</b>	<b>32.28</b>
<b>Bomba_Cabecal_LaSerra</b>	100	<b>0.13</b>	<b>31.2</b>
<b>Bomba_Cabecal_PiElevación</b>	64.29	<b>0.27</b>	<b>7.06</b>

Tabla 59. Resultados indicadores energéticos. Situación inicial. Agosto

#### 9.1.4 Octubre 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	27.38	0.27	<b>319.34</b>
Bomba2_PlaAljup	27.38	0.27	<b>319.34</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>		<b>0.27</b>	<b>638.68</b>
EBLaSerra1	12.5	0.22	<b>112.01</b>
EBLaSerra2	12.5	0.22	<b>112.01</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>224.02</b>
Bombeo_CloteHedra	23.21	0.26	<b>73.36</b>
Bombeo2_CloteHedra			<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Clote de L'Hedra</b>		<b>0.26</b>	<b>73.36</b>
Bomba1_Cabecal_Carrillo	100	0.07	<b>4.99</b>
Bomba2_Cabecal_Carrillo	100	0.07	<b>4.99</b>
<b>Cabecal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>9.98</b>
Bomba1_Cabecal_Almud	100	0.13	<b>9.1</b>
Bomba2_Cabecal_Almud	100	0.13	<b>9.1</b>
<b>Cabecal de Riego L'Almud</b>		<b>0.13</b>	<b>18.2</b>
<b>Bomba_Cabecal_LaSerra</b>	100	<b>0.13</b>	<b>15.85</b>
<b>Bomba_Cabecal_PiElevación</b>	42.86	<b>0.27</b>	<b>4.6</b>

Tabla 60. Resultados indicadores energéticos. Situación inicial. Octubre

## 9.2 Escenario situación con mejoras en la gestión energética implementadas

### 9.2.1 Enero 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTP (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
Bomba2_PlaAljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	41.67	0.32	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>		<b>0.27</b>	<b>636.46</b>
EBLaSerra1	3.57	0.22	<b>111.99</b>
EBLaSerra2	3.57	0.22	<b>111.99</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>223.98</b>
Bombeo_ClotHedra	6.55	0.26	<b>73.36</b>
Bombeo2_ClotHedra	26.79	0.36	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Clot de L'Hedra</b>		<b>0.31</b>	<b>73.36</b>
Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.05	<b>2.26</b>
Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.05	<b>2.26</b>
<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.05</b>	<b>4.52</b>
Bomba1_Cabezal_Almod	100	0.08	<b>1.37</b>
Bomba2_Cabezal_Almod	100	0.08	<b>1.37</b>
<b>Cabezal de Riego L'Almod</b>		<b>0.08</b>	<b>2.74</b>
<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	<b>0.09</b>	<b>2.93</b>
<b>Bomba_Cabezal_PiElevación</b>	10.71	<b>0.2</b>	<b>3.89</b>

Tabla 61. Resultados indicadores energéticos. Situación mejorada. Enero

### 9.2.2 Abril 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	18.45	0.27	<b>319.34</b>
Bomba2_PlaAljup	18.45	0.27	<b>319.34</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>			<b>638.68</b>
EBLaSerra1	8.93	0.22	<b>111.95</b>
EBLaSerra2	8.93	0.22	<b>111.95</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>223.9</b>
Bombeo_ClotHedra	16.07	0.27	<b>73.36</b>
Bombeo2_ClotHedra	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Clot de L'Hedra</b>		<b>0.27</b>	<b>73.36</b>
Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.05	<b>3.3</b>
Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.05	<b>3.3</b>
<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.05</b>	<b>6.6</b>
Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.08	<b>5.11</b>
Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.08	<b>5.11</b>
<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.08</b>	<b>10.22</b>
<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	<b>0.09</b>	<b>7.38</b>
<b>Bomba_Cabezal_PiElevación</b>	16.07	<b>0.2</b>	<b>6.35</b>

Tabla 62. Resultados indicadores energéticos. Situación mejorada. Abril

### 9.2.3 Agosto 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
Bomba2_PlaAljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	41.67	0.27	<b>318.23</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>		<b>0.27</b>	<b>954.69</b>
EBLaSerra1	28.57	0.22	<b>112.48</b>
EBLaSerra2	28.57	0.22	<b>112.48</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>224.96</b>
Bombeo_ClotHedra	26.79	0.26	<b>73.36</b>
Bombeo2_ClotHedra	26.79	0.26	<b>73.36</b>
<b>Est. Bombeo Clot de L'Hedra</b>		<b>0.26</b>	<b>146.72</b>
Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.07	<b>14.18</b>
Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.07	<b>14.18</b>
<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>28.36</b>
Bomba1_Cabezal_Almud	100	0.07	<b>9.13</b>
Bomba2_Cabezal_Almud	100	0.07	<b>9.13</b>
<b>Cabezal de Riego L'Almud</b>		<b>0.07</b>	<b>18.26</b>
<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	<b>0.09</b>	<b>22.17</b>
<b>Bomba_Cabezal_PiElevación</b>	32.14	<b>0.2</b>	<b>10.69</b>

Tabla 63. Resultados indicadores energéticos. Situación mejorada. Agosto



#### 9.2.4 Octubre 2011

Bomba	Porcentaje Utilización	CEVTp (kW h/m <sup>3</sup> )	Potencia Máx. (kW)
Bomba1_PlaAljup	27.38	0.27	<b>319.34</b>
Bomba2_PlaAljup	27.38	0.27	<b>319.34</b>
Bomba3_PlaL'Aljup	0	0	<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Pla de L'Aljup</b>		0.27	<b>638.68</b>
EBLaSerra1	12.5	0.22	<b>112.01</b>
EBLaSerra2	12.5	0.22	<b>112.01</b>
<b>Est. Bombeo La Serra</b>		<b>0.22</b>	<b>224.02</b>
Bombeo_ClotHedra	23.21	0.26	<b>73.36</b>
Bombeo2_ClotHedra			<b>0</b>
<b>Est. Bombeo Clot de L'Hedra</b>		0.26	<b>73.36</b>
Bomba1_Cabezal_Carrillo	100	0.07	<b>4.99</b>
Bomba2_Cabezal_Carrillo	100	0.07	<b>4.99</b>
<b>Cabezal de Riego Carrillo</b>		<b>0.07</b>	<b>9.98</b>
Bomba1_Cabezal_Almod	100	0.08	<b>5.18</b>
Bomba2_Cabezal_Almod	100	0.08	<b>5.18</b>
<b>Cabezal de Riego L'Almod</b>		<b>0.08</b>	<b>10.36</b>
<b>Bomba_Cabezal_LaSerra</b>	100	<b>0.09</b>	<b>11.26</b>
<b>Bomba_Cabezal_PiElevación</b>	21.43	<b>0.2</b>	<b>7.01</b>

Tabla 64. Resultados indicadores energéticos. Situación mejorada. Octubre

## 10 ANEXO IV. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS MÁS DESFAVORABLES DE LAS SUBREDES DE RIEGO

### 10.1 Subred L'Almud

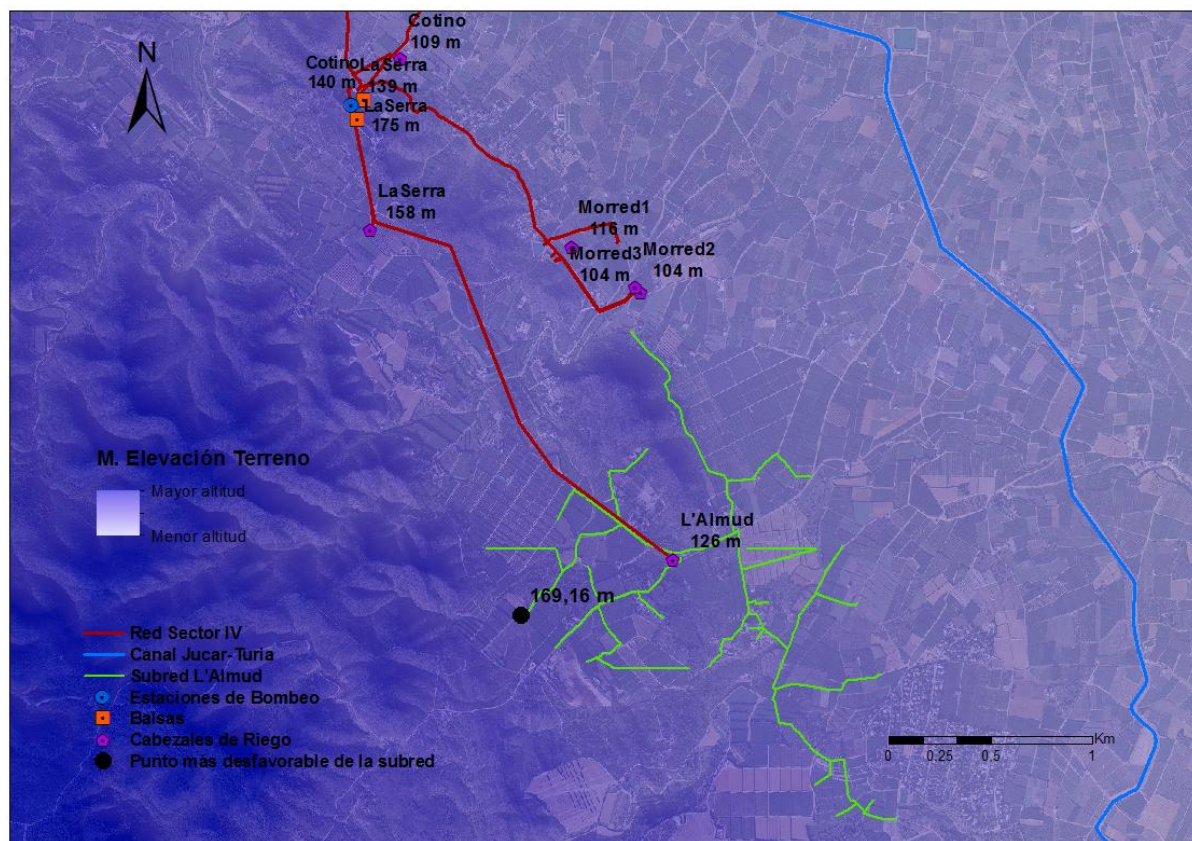


Figura 28. Determinación de puntos desfavorables en las subredes de riego. Subred L'Almud. Sector IV – Subsector Sur.

## 10.2 Subred La Serra



Figura 29. Determinación de puntos desfavorables en las subredes de riego. Subred La Serra. Sector IV – Subsector Sur.



### 10.3 Subredes Pi del Rosari

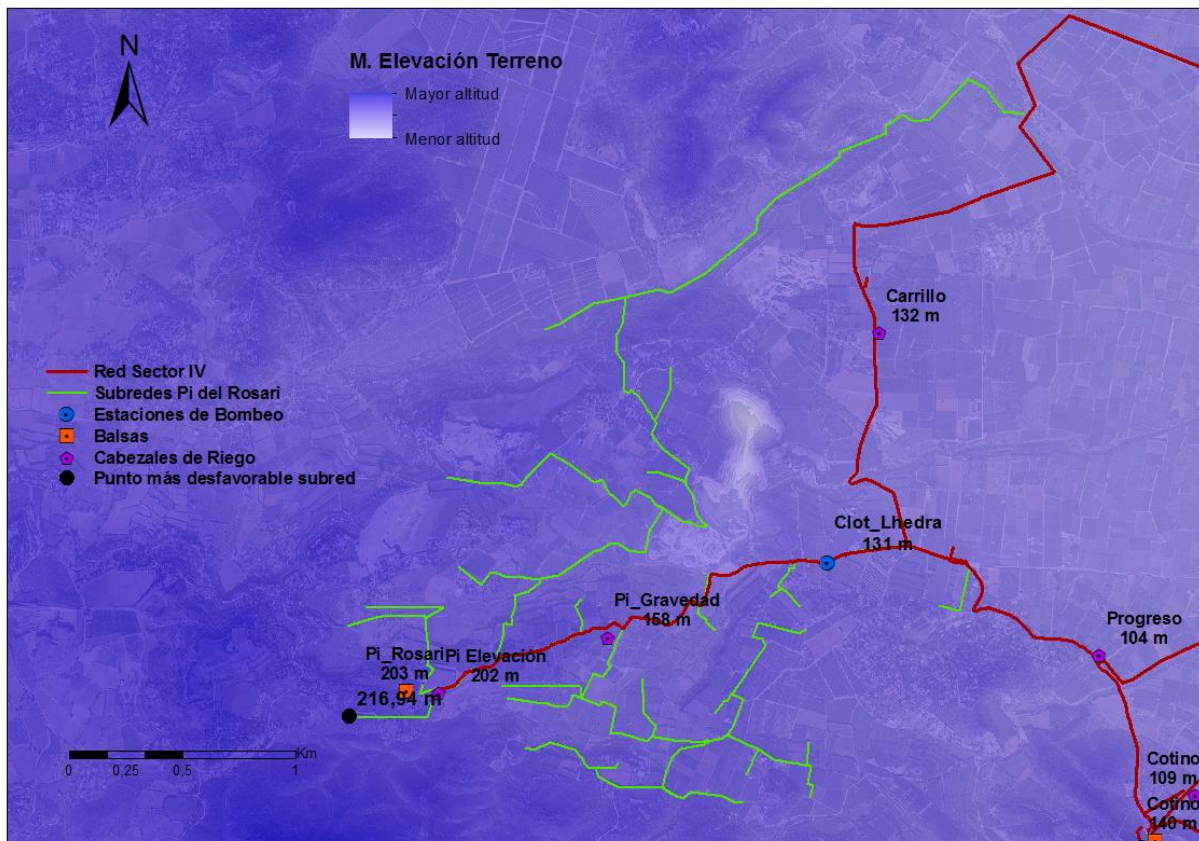


Figura 30. Determinación de puntos desfavorables en las subredes de riego. Subredes Pi del Rosari. Sector IV – Subsector Sur.

## 11 ANEXO V. CÁLCULO NECESIDADES DE RIEGO

### 11.1 Resumen necesidades de riego. Segregación Anual

#### 11.1.1 Año 2011.

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. Riego (mm)	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Enero	01/01/2011	31/01/2011	33.66	31	33.66	0.593	19.97	15.2	12	7.86	12.11	13.46	100	322.99	10:05
Febrero	01/02/2011	28/02/2011	60.28	28	60.28	0.584	35.21	4	0	0	35.21	39.12	100	938.95	1d 05:20
Marzo	01/03/2011	31/03/2011	68.41	31	68.41	0.593	40.59	110.2	101.6	66.53	0	0	100	0	00:00
Abril	01/04/2011	30/04/2011	95.68	30	95.68	0.557	53.32	42	36.2	23.7	29.61	32.9	100	789.66	1d 00:40
Mayo	01/05/2011	31/05/2011	121.54	31	121.54	0.494	60.08	37.4	33	21.61	38.47	42.74	100	1025.83	1d 08:03
Junio	01/06/2011	30/06/2011	140.27	30	140.27	0.557	78.16	3	0	0	78.16	86.85	100	2084.34	2d 17:08
Julio	01/07/2011	31/07/2011	151.43	31	151.43	0.611	92.52	5.2	3.4	2.23	90.3	100.33	100	2407.93	3d 03:15
Agosto	01/08/2011	31/08/2011	144.24	31	144.24	0.71	102.41	4.2	4.2	2.75	99.66	110.73	100	2657.54	3d 11:03
Septiembre	01/09/2011	30/09/2011	109.75	30	109.75	0.665	72.96	10.2	6.6	4.32	68.64	76.26	100	1830.31	2d 09:12
Octubre	01/10/2011	31/10/2011	68.17	31	70.37	0.755	53.1	20.37	14.98	9.81	43.29	48.1	100	1154.5	1d 12:04
Noviembre	01/11/2011	30/11/2011	35.06	30	35.06	0.656	23.01	94.05	84.92	55.61	0	0	100	0	00:00
Diciembre	01/12/2011	31/12/2011	43.16	31	43.16	0.566	24.42	10.44	8.08	5.29	19.13	21.25	100	510.09	15:56

Tabla 65. Necesidades de riego. Año 2011

## 11.1.2 Año 2010

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. Riego (mm)	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Enero	01/01/2010	31/01/2010	42.73	31	42.73	0.593	25.35	90.4	82	53.69	0	0	100	0	00:00
Febrero	01/02/2010	28/02/2010	47.49	28	47.49	0.584	27.74	46.2	37.6	24.62	3.12	3.47	100	83.18	02:36
Marzo	01/03/2010	31/03/2010	71.17	31	71.17	0.593	42.22	63.2	61	39.94	2.28	2.53	100	60.83	01:54
Abril	01/04/2010	30/04/2010	88.48	30	88.48	0.557	49.3	49.8	45	29.47	19.84	22.04	100	529.01	16:31
Mayo	01/05/2010	31/05/2010	139.62	31	139.62	0.494	69.01	55	50.6	33.13	35.88	39.87	100	956.83	1d 05:54
Junio	01/06/2010	30/06/2010	146.69	30	146.69	0.557	81.74	35	31.4	20.56	61.18	67.98	100	1631.46	2d 02:58
Julio	01/07/2010	31/07/2010	164.91	31	164.91	0.611	100.76	0.4	0	0	100.76	111.96	100	2686.93	3d 11:58
Agosto	01/08/2010	31/08/2010	144.97	31	144.97	0.71	102.93	11.8	10.4	6.81	96.12	106.8	100	2563.1	3d 08:06
Septiembre	01/09/2010	30/09/2010	103.08	29	106.64	0.665	70.89	55.8	52.6	34.44	36.45	40.5	100	971.96	1d 06:22
Octubre	01/10/2010	31/10/2010	71.64	31	73.95	0.755	55.8	65.2	62.4	40.86	14.94	16.6	100	398.45	12:27
Noviembre	01/11/2010	30/11/2010	58.47	30	58.47	0.656	38.37	23.6	18.2	11.92	26.45	29.39	100	705.37	22:02
Diciembre	01/12/2010	31/12/2010	33.01	31	33.01	0.566	18.68	19.4	11.6	7.6	11.08	12.31	100	295.49	09:13

Tabla 66. Necesidades de riego. Año 2010

## 11.1.3 Año 2012

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. Riego (mm)	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Enero	01/01/2012	31/01/2012	39.6	31	39.6	0.593	23.49	37.63	32.31	21.16	2.34	2.6	100	62.33	01:57
Febrero	01/02/2012	29/02/2012	55.41	29	55.41	0.584	32.37	0.2	0	0	32.37	35.96	100	863.09	1d 02:58
Marzo	01/03/2012	31/03/2012	83.77	31	83.77	0.593	49.7	67.17	64.81	42.44	7.26	8.07	100	193.64	06:03
Abril	01/04/2012	30/04/2012	116.09	30	116.09	0.557	64.69	36.65	32.9	21.54	43.14	47.94	100	1150.53	1d 11:57
Mayo	01/05/2012	31/05/2012	153.4	31	153.4	0.494	75.83	1.18	0	0	75.83	84.25	100	2022.01	2d 15:11
Junio	01/06/2012	30/06/2012	160.28	30	160.28	0.557	89.31	0.2	0	0	89.31	99.24	100	2381.68	3d 02:25
Julio	01/07/2012	31/07/2012	164.27	31	164.27	0.611	100.37	8.47	8.47	5.55	94.82	105.36	100	2528.59	3d 07:01
Agosto	01/08/2012	31/08/2012	147.88	31	147.88	0.71	104.99	0	0	0	104.99	116.66	100	2799.79	3d 15:29
Septiembre	01/09/2012	30/09/2012	106.31	30	106.31	0.665	70.67	127.51	103.64	67.86	2.81	3.12	100	74.88	02:20
Octubre	01/10/2012	31/10/2012	69.13	31	71.36	0.755	53.85	56.14	54.37	35.6	18.25	20.28	100	486.6	15:12
Noviembre	01/11/2012	30/11/2012	37.84	30	37.84	0.656	24.83	95.35	91.41	59.85	0	0	100	0	00:00
Diciembre	01/12/2012	31/12/2012	45.96	31	45.96	0.566	26	2.63	0	0	26	28.89	100	693.43	21:40

Tabla 67. Necesidades de riego. Año 2012

## 11.2 Resumen necesidades de riego. Segregación mensual serie 2010-2012.

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
<b>Enero</b>	01/01/2010	31/01/2010	42.73	31	42.73	0.593	25.35	90.4	82	53.69	<b>0</b>	<b>0</b>	100	<b>0</b>	<b>00:00</b>
<b>Enero</b>	01/01/2011	31/01/2011	33.66	31	33.66	0.593	19.97	15.2	12	7.86	<b>12.11</b>	<b>13.46</b>	100	<b>322.99</b>	<b>08:04</b>
<b>Enero</b>	01/01/2012	31/01/2012	39.6	31	39.6	0.593	23.49	37.63	32.31	21.16	<b>2.34</b>	<b>2.6</b>	100	<b>62.33</b>	<b>01:33</b>
<b>Enero</b>												Vol. Mensual/planta (litros):		128.44	
												Vol. Mensual/Planta (m3):		<b>0.128</b>	

Tabla 68. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Enero.

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
<b>Febrero</b>	01/02/2010	28/02/2010	47.49	28	47.49	0.584	27.74	46.2	37.6	24.62	<b>3.12</b>	<b>3.47</b>	100	<b>83.18</b>	<b>02:04</b>
<b>Febrero</b>	01/02/2011	28/02/2011	60.28	28	60.28	0.584	35.21	4	0	0	<b>35.21</b>	<b>39.12</b>	100	<b>938.95</b>	<b>23:28</b>
<b>Febrero</b>	01/02/2012	29/02/2012	55.41	29	55.41	0.584	32.37	0.2	0	0	<b>32.37</b>	<b>35.96</b>	100	<b>863.09</b>	<b>21:34</b>
<b>Febrero</b>												Vol. Mensual/planta (litros):		628.41	
												Vol. Mensual/Planta (m3):		<b>0.628</b>	

Tabla 69. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Febrero.



Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego	
Marzo	01/03/2010	31/03/2010	71.17	31	71.17	0.593	42.22	63.2	61	39.94	2.28	2.53	100	60.83	01:31	
Marzo	01/03/2011	31/03/2011	68.41	31	68.41	0.593	40.59	110.2	101.6	66.53	0	0	100	0	00:00	
Marzo	01/03/2012	31/03/2012	83.77	31	83.77	0.593	49.7	67.17	64.81	42.44	7.26	8.07	100	193.64	04:50	
												Marzo	Vol. Mensual/planta (litros):		84.823	
													Vol. Mensual/Planta (m3):		0.085	

Tabla 70. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Marzo

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego	
Abril	01/04/2010	30/04/2010	88.48	30	88.48	0.557	49.3	49.8	45	29.47	19.84	22.04	100	529.01	13:13	
Abril	01/04/2011	30/04/2011	95.68	30	95.68	0.557	53.32	42	36.2	23.7	29.61	32.9	100	789.66	19:44	
Abril	01/04/2012	30/04/2012	116.09	30	116.09	0.557	64.69	36.65	32.9	21.54	43.14	47.94	100	1150.53	1d 04:45	
												Abril	Vol. Mensual/planta (litros):		823.067	
													Vol. Mensual/Planta (m3):		0.823	

Tabla 71. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Abril

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Mayo	01/05/2010	31/05/2010	139.62	31	139.62	0.494	69.01	55	50.6	33.13	35.88	39.87	100	956.83	23:55
Mayo	01/05/2011	31/05/2011	121.54	31	121.54	0.494	60.08	37.4	33	21.61	38.47	42.74	100	1025.83	1d 01:39
Mayo	01/05/2012	31/05/2012	153.4	31	153.4	0.494	75.83	1.18	0	0	75.83	84.25	100	2022.01	2d 02:33
											Mayo	Vol. Mensual/planta (litros):		1334.890	
												Vol. Mensual/Planta (m3):		1.335	

Tabla 72. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Mayo

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Junio	01/06/2010	30/06/2010	146.69	30	146.69	0.557	81.74	35	31.4	20.56	61.18	67.98	100	1631.46	1d 16:47
Junio	01/06/2011	30/06/2011	140.27	30	140.27	0.557	78.16	3	0	0	78.16	86.85	100	2084.34	2d 04:06
Junio	01/06/2012	30/06/2012	160.28	30	160.28	0.557	89.31	0.2	0	0	89.31	99.24	100	2381.68	2d 11:32
											Junio	Vol. Mensual/planta (litros):		2032.493	
												Vol. Mensual/Planta (m3):		2.032	

Tabla 73. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Junio

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Julio	01/07/2010	31/07/2010	164.91	31	164.91	0.611	100.76	0.4	0	0	100.76	111.96	100	2686.93	2d 19:10
Julio	01/07/2011	31/07/2011	151.43	31	151.43	0.611	92.52	5.2	3.4	2.23	90.3	100.33	100	2407.93	2d 12:12
Julio	01/07/2012	31/07/2012	164.27	31	164.27	0.611	100.37	8.47	8.47	5.55	94.82	105.36	100	2528.59	2d 15:12
												Julio	Vol. Mensual/planta (litros):	2541.150	
													Vol. Mensual/Planta (m3):	2.541	

Tabla 74. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Julio

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Agosto	01/08/2010	31/08/2010	144.97	31	144.97	0.71	102.93	11.8	10.4	6.81	96.12	106.8	100	2563.1	2d 16:04
Agosto	01/08/2011	31/08/2011	144.24	31	144.24	0.71	102.41	4.2	4.2	2.75	99.66	110.73	100	2657.54	2d 18:26
Agosto	01/08/2012	31/08/2012	147.88	31	147.88	0.71	104.99	0	0	0	104.99	116.66	100	2799.79	2d 21:59
												Agosto	Vol. Mensual/planta (litros):	2673.477	
													Vol. Mensual/Planta (m3):	2.673	

Tabla 75. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Agosto

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Septiembre	01/09/2010	30/09/2010	103.08	29	106.64	0.665	70.89	55.8	52.6	34.44	36.45	40.5	100	971.96	1d 00:18
Septiembre	01/09/2011	30/09/2011	109.75	30	109.75	0.665	72.96	10.2	6.6	4.32	68.64	76.26	100	1830.31	1d 21:45
Septiembre	01/09/2012	30/09/2012	106.31	30	106.31	0.665	70.67	127.51	103.64	67.86	2.81	3.12	100	74.88	01:52
												Septiembre	Vol. Mensual/planta (litros):		959.05
													Vol. Mensual/Planta (m3):		0.959

Tabla 76. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Septiembre

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
Octubre	01/10/2010	31/10/2010	71.64	31	73.95	0.755	55.8	65.2	62.4	40.86	14.94	16.6	100	398.45	09:57
Octubre	01/10/2011	31/10/2011	68.17	31	70.37	0.755	53.1	20.37	14.98	9.81	43.29	48.1	100	1154.5	1d 04:51
Octubre	01/10/2012	31/10/2012	69.13	31	71.36	0.755	53.85	56.14	54.37	35.6	18.25	20.28	100	486.6	12:10
												Octubre	Vol. Mensual/planta (litros):		679.85
													Vol. Mensual/Planta (m3):		0.680

Tabla 77. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Octubre

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
<b>Noviembre</b>	01/11/2010	30/11/2010	58.47	30	58.47	0.656	38.37	23.6	18.2	11.92	<b>26.45</b>	<b>29.39</b>	100	<b>705.37</b>	<b>17:37</b>
<b>Noviembre</b>	01/11/2011	30/11/2011	35.06	30	35.06	0.656	23.01	94.05	84.92	55.61	<b>0</b>	<b>0</b>	100	<b>0</b>	<b>00:00</b>
<b>Noviembre</b>	01/11/2012	30/11/2012	37.84	30	37.84	0.656	24.83	95.35	91.41	59.85	<b>0</b>	<b>0</b>	100	<b>0</b>	<b>00:00</b>
											<b>Noviembre</b>	Vol. Mensual/planta (litros):		235.123	
												Vol. Mensual/Planta (m3):		<b>0.235</b>	

Tabla 78. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Noviembre

Mes	Desde	Hasta	ETo Reg	Días	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Fact. Modul.	Litros/planta	Horas riego
<b>Diciembre</b>	01/12/2010	31/12/2010	33.01	31	33.01	0.566	18.68	19.4	11.6	7.6	<b>11.08</b>	<b>12.31</b>	100	<b>295.49</b>	<b>07:23</b>
<b>Diciembre</b>	01/12/2011	31/12/2011	43.16	31	43.16	0.566	24.42	10.44	8.08	5.29	<b>19.13</b>	<b>21.25</b>	100	<b>510.09</b>	<b>12:45</b>
<b>Diciembre</b>	01/12/2012	31/12/2012	45.96	31	45.96	0.566	26	2.63	0	0	<b>26</b>	<b>28.89</b>	100	<b>693.43</b>	<b>17:20</b>
											<b>Diciembre</b>	Vol. Mensual/planta (litros):		499.67	
												Vol. Mensual/Planta (m3):		<b>0.49967</b>	

Tabla 79. Resumen cálculo necesidades de riego y valor medio. Años 2010-2012. Diciembre